

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки: 27.04.04-Управление в технических системах
Отделение школы (НОЦ): Автоматизации и робототехники

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОВОМ ОБЪЕКТОМ

УДК 681.536-047.37

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8АМ61	Лю Фан		

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ВКР	Курганов В.В.	к.т.н		
Руководитель ООП	Пушкарев М.И.	к.т.н		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Баннова К.А.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Авдеева Ирина Ивановна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОАР	Леонов С.В	к.т.н		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Код результатов	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
	профессиональные
P1	Применять глубокие естественнонаучные и математические знания для решения научных и инженерных задач в области анализа, синтеза, проектирования, производства и эксплуатации средств автоматизации и систем управления техническими объектами.
P2	Уметь обрабатывать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области теории, проектирования, производства и эксплуатации средств автоматизации и систем управления техническими объектами
P3	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа, связанные с разработкой технических систем управления с использованием аналитических методов и сложных моделей.
P4	Выполнять инновационные инженерные проекты по разработке программно-аппаратных средств автоматизированных систем различного назначения с использованием современных методов проектирования, систем автоматизированного проектирования, передового опыта разработки конкурентно способных изделий.
P5	Планировать и проводить теоретические и экспериментальные исследования в области проектирования аппаратных и программных средств автоматизированных систем с использованием новейших достижений науки и техники, передового отечественного и зарубежного опыта. Критически оценивать полученные данные и делать выводы.
P6	Осуществлять авторское сопровождение процессов проектирования, внедрения и эксплуатации программно-аппаратных средств автоматизированных систем различного назначения.
P7	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной профессиональной среде с пониманием культурных, языковых и социально-экономических различий партнеров
P8	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, активно владеть иностранным языком, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности, в том числе на иностранном языке.
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена и руководителя группы, в том числе междисциплинарной и международной, при решении инновационных инженерных задач.
P10	Демонстрировать личную ответственность и ответственность за работу возглавляемого коллектива, приверженность и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения инновационной инженерной деятельности. Демонстрировать глубокие знания правовых, социальных, экологических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности
P11	Демонстрировать способность к самостоятельному обучению, непрерывному самосовершенствованию в инженерной деятельности, способность к педагогической деятельности.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа информационных технологий и робототехники

Направление подготовки (специальность): 27.04.04-Управление в технических системах

Отделение школы (НОЦ): Автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

(Подпись) _____ Пушкарев М.И.

(Ф.И.О.) (Дата)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8АМ61	Лю Фан

Тема работы:

Исследование методов управления тепловым объектом	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	N 2181/с от 28 марта 2018 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p style="text-align: center;">Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - программная среда CoDeSys; - контроллера ОВЕН ПЛК 150 – 220. А-М; - лабораторный стенд.
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Изучение контроллера ОВЕН ПЛК 150 – 220. А-М. 2. Изучение программной среды CoDeSys 3. Изучение языков программирования FBD. 4. Создание программного обеспечения для управления работой лабораторного стенда. 5. Создание методического обеспечения для выполнения лабораторной работы.
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Презентация в формате *. pptx, 22 слайдов</p> <p>Слайд 1 – Тема ВКР</p> <p>Слайд 2 – цель ВКР</p> <p>Слайд 3 – объект исследования работы</p> <p>Слайд 4 – Идентификация объекта</p> <p>Слайд 5 – Структурная схема замкнутой системы с ПИД-регулятором.</p> <p>Слайд 6 – полученные настройки для ПИ – регулятора с использованием метода Циглара-никольса</p> <p>Слайд 7 – полученные настройки для ПИД – регулятора с использованием метода Циглара-никольса</p> <p>Слайд 8 – Структура алгоритма поиска оптимальных коэффициентов ПИД-регулятора для метода на основе генетического алгоритма.</p> <p>Слайд 9 – полученные настройки для ПИД – регулятора с использованием метода на основе генетического алгоритма</p> <p>Слайд 10 – Структурная схема и диаграмма входных и выходных сигналов самонастройки ПИД-регулятора на основе релейной обратной связи</p> <p>Слайд 11 – полученные настройки для ПИ – регулятора на основе релейной обратной связи.</p> <p>Слайд 12 – полученные настройки для ПИД – регулятора на основе релейной обратной связи.</p> <p>Слайд 13 – Метод настройки параметров ПИД-регулятора на основе регулятора с внутренней моделью.</p> <p>Слайд 14 – преимущество метода настройки параметров ПИД-регулятора на основе регулятора с внутренней моделью</p>

	<p>Слайд 15 – формулы расчёта коэффициентов ПИД-регулятора.</p> <p>Слайд 16 – формулы расчёта коэффициентов ПИД-регулятора.</p> <p>Слайд 17 – формулы расчёта коэффициентов ПИД-регулятора.</p> <p>Слайд 18 –полученные настройки для ПИД – регулятора на основе регулятора с внутренней моделью.</p> <p>Слайд 19 – Метод настройки параметров ПИД-регулятора на основе амплитудно-фазового запаса</p> <p>Слайд 20 – Формулы расчёта коэффициентов ПИД-регулятора на основе амплитудно-фазового запаса.</p> <p>Слайд 21 —полученные настройки для ПИД – регулятора на основе амплитудно-фазового запаса.</p> <p>Слайд 22 – вывод</p>
--	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Основная часть	Доцент ОАР, к.т.н. Курганов В. В.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент ОСГН, к.э.н. Баннова К.А.
Социальная ответственность	Ассистент, каф. МЕН. Авдеева И. И.

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

нет

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР	Курганов Василий Васильевич	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8АМ61	Лю Фан		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Тема: исследование методов управления тепловым объектом

Студенту:

Группа	ФИО
8АМ61	Лю Фан

Инженерная школа информационных технологий и робототехники		Отделение автоматизации и робототехники	
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	27.04.04 Управление в технических системах

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ):	<i>Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос, наблюдение.</i>
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Предпроектный анализ	<i>Проведение предпроектного анализа: оценка потенциальных потребителей, SWOT-анализ, определение возможных альтернатив проведения НТИ</i>
2. Инициация проекта	<i>Определение структуры и трудоёмкости работ в рамках НТИ, разработка графика проведения НТИ, планирование бюджета НТИ.</i>
3. Планирование управления научно-техническим проектом	<i>Составление перечня этапов и работ по выполнению НИР, составление калькуляции по отдельным статьям затрат всех видов необходимых ресурсов. Бюджетирование и организация структуры предприятия.</i>
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	<i>Определение эффективности и перспектив научного исследования.</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений
2. Функционально-стоимостная диаграмма
3. График проведения и бюджет НТИ
4. Календарный план проекта
5. Длительность этапов работ и число исполнителей, занятых на каждом этапе
6. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Баннова К.А.	К.Э.Н.		01.03.2018

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8АМ61	Лю Фан		01.03.2018

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8АМ61	Лю Фан

Инженерная школа информационных технологий и робототехники		Отделение автоматизации и робототехники	
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	27.04.04 Управление в технических системах

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>В выпускной квалификационной работе рассматривается методов настройки ПИД-регулятора и его программной реализации. Рабочее место представляет собой место оператора и включает в себя рабочий стол и персональный компьютер с помощью которого производится управление и настройка технического оборудования. Описывается рабочее место, выбранное для разработки, проявление вредных факторов, проявление опасных факторов, проявление негативного воздействия на окружающую среду.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.</p> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.</p> <p>1.3. Рекомендации по минимизации влияний на работника.</p>	<p>1.1. В качестве вредных факторов согласно ГОСТ 12.0.003-74 выделены: показатели микроклимата и освещения, шум, вибрация, электромагнитное излучение, психофизические факторы (нервно психологические, статические, умственные, монотонность).</p> <p>1.2. В качестве опасных факторов выделены: опасность поражения электрическим током, короткое замыкание, статическое электричество.</p> <p>1.3. Приведены рекомендации по улучшению микроклимата в помещении согласно СанПиН 2.2.4.548–96.</p>
<p>2. Экологическая безопасность:</p> <p>2.1. Анализ воздействия на окружающую среду</p> <p>2.2. Рекомендации по минимизации влияния на окружающую среду.</p>	<p>2.1. Деятельность по разработке ПО не связана с производством, поэтому влияние на окружающую среду минимально.</p> <p>2.2. Рассмотрена утилизация бумажных отходов и неисправных комплектующих ПК. Правила утилизации люминесцентных ламп.</p>
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <p>3.1. Перечень возможных ЧС на объекте.</p> <p>3.2. Меры по предотвращению и ликвидации ЧС и их последствий.</p>	<p>3.1. Возможные ЧС в офисном помещении является возникновение пожара. Определена категория помещений по пожароопасности по НПБ 105-03 и класс зон взрывопожароопасности по СП 12.13130.2009. Рассмотрены меры пожарной безопасности.</p> <p>3.2. Приведены способы защиты от пожара.</p>

4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	4.1 Охрана труда для операторов и пользователей ПК. Требования безопасности во время работы. Соответствие рабочего места по требованиям и правила и нормы поведения на производстве согласно НТД (ГОСТ 12.2.032-78) 4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. Соблюдение "Трудового кодекса Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 05.02.2018)
---	--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2018
---	-------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Авдеева Ирина Ивановна			01.03.2018

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8АМ61	Лю Фан		01.03.2018

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа информационных технологий и робототехники

Направление подготовки (специальность): 27.04.04-Управление в технических системах

Уровень образования – магистратура

Отделение школы (НОЦ): Автоматизации и робототехники

Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2017/2018 учебного года)

Форма представления работы:

Магистерская диссертация
(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
30.05.18	Основная часть	75
30.05.18	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
30.05.2018	Социальная ответственность	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент, ОАР	Курганов В.В.	к.т.н		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР	Пушкарев М. И.	к.т.н		

Реферат

Выпускная квалификационная работа: страниц 106, рисунков 37, таблиц 27, источников 31, приложений 1.

Ключевые слова: ПИД-регулятор, запаздывание, идентификация, настройка регуляторов, система автоматического регулирования температуры, генетический алгоритм, самонастройка, регулятор с внутренней моделью, амплитудно-фазовый запас.

Объектом исследования является реальная система автоматического регулирования температуры.

Целью работы является настройка контура регулирования, которая состоит из двух этапов: идентификация теплового объекта управления; расчет параметров ПИД-регулятора с использованием метода Циглера – Никольса, метода на основе генетического алгоритма, метод самонастройки ПИД-регулятора на основе релейной обратной связи, метода на основе регулятора с внутренней моделью (ИМС), метода на основе амплитудно-фазового запаса и применение этих данных настроек к системе управления для получения удовлетворительного качества регулирования.

Идентификация объекта была проведена в процессе исследования для определения его основных динамических характеристик. Далее, анализ различных методов расчет параметров ПИД-регуляторов с их дальнейшим применением были произведены.

В данной работе используется классический эмпирический метод Циглера – Никольса, метода самонастройки на основе генетического алгоритма, метод самонастройки ПИД-регулятора на основе релейной обратной связи, метода на основе регулятора с внутренней моделью (ИМС) и метода на основе амплитудно-фазового запаса, для определения коэффициентов ПИД-регулятора

Степень внедрения: результаты, полученные в ходе работе, были внедрены на реальном объекте.

Область применения: системы управления различными

технологическими параметрами на объектах различной сложности с запаздыванием.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

Определения

Следующие термины с соответствующими определениями в данной работе применены:

пропорционально-интегральный регулятор (ПИ – регулятор): устройство в управляющем конкурсе с обратной связью, используемый в системах автоматического управления с целью формирования управляющего сигнала для получения необходимых качества и точность, состоящего из двух слагаемых, первое из которых пропорционально рассогласованию входного воздействия, второе - интеграл рассогласования входного воздействия;

пропорциональный интегро-дифференциальный регулятор (ПИД – регулятор): устройство в управляющем конкурсе с обратной связью, используемый в системах автоматического управления с целью формирования управляющего сигнала для получения необходимых точности и качества переходного процесса, состоящего из трех слагаемых, первое из которых пропорционально рассогласованию входного воздействия, второе - интеграл рассогласования входного воздействия, третье – производная рассогласования входного воздействия;

автоколебания: незатухающие колебания с нелинейной обратной связью в системе, поддерживающиеся за счет энергии внешнего воздействия, частота и амплитуда в течение длительного промежутка времени являются постоянными.

кривая разгона: реакция системы на входное ступенчатое воздействие - переходную характеристику системы $h(t)$;

звено чистого запаздывания: звено, передаточная функция которого имеет вид:

$$W(S) = e^{-\tau \cdot S}$$

идеальный интегрирующий элемент: одно из типовых звеньев теории

автоматического управления, передаточная функция которого имеет вид:

$$W(S) = \frac{1}{T * s}$$

апериодическое звено: одно из типовых звеньев теории автоматического управления, передаточная функция которого можно описать уравнением:

$$W(S) = \frac{1}{T * s + 1}$$

идентификация объекта: определение основных динамических характеристик и построение математических моделей исследуемого объекта;

рассогласование: отклонение текущего значения регулируемой величины и заданного значения.

объект управления: устройство или динамический процесс, с целью управления поведением которого разрабатывается система автоматического управления;

Обозначения и сокращения:

ПИ – пропорционально – интегральный;

ПИД – пропорционально – интегрально – дифференциальный;

ИМС–регулятор с внутренней моделью.

ПЛК – программируемый логический контроллер;

АСУ ТП – автоматизированная система управления техническим процессом

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	15
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	18
2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	19
2.1 Типовые промышленные регуляторы	19
2.2 Описание исследуемого объекта	23
Эмулятор печи ЭП 10.....	26
Описание контроллера ОВЕН ПЛК 150 – 220. А-М.....	27
2.3 Описание программной среды CoDeSys.....	28
3. ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЙ И НАСТРОЙКА РЕГУЛЯТОРА	33
3.1 Идентификация исследуемого объекта с использованием переходных характеристик	33
3.2 Расчёт параметров настройки ПИД-регулятора.....	36
Метод Циглера-Никольса	37
Метод на основе генетического алгоритма.....	41
Самонастройка ПИД-регулятора на основе релейной обратной связи	46
Метод настройки параметров ПИД-регулятора на основе регулятора с внутренней моделью (ИМС).....	52
Метод настройки параметров ПИД-регулятора на основе амплитудно-фазового запаса.....	55
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	59
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	63
5.1 Предпроектный анализ	63
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	63
5.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	64
5.1.3 Fast - анализ	66
5.1.4 Диаграмма Исикавы.....	68
5.1.5 SWOT-анализ	69
5.2 Инициация проекта	71
5.2.2 Организационная структура проекта.	72
5.3 Планирование управления научно-техническим проектом	72
5.3.1 План проекта.....	73
5.3.2 Бюджет научно-технического исследования	73
5.3.2.1 Расчет материальных затрат	74
5.3.4.1 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	74
5.3.6 Основная заработная плата исполнителей темы.....	75
5.3.8 Накладные расходы.....	77
5.4 Организационная структура проекта	77
5.4.1 План управления коммуникациями проекта	78
5.4.2 Реестр рисков проекта	78

5.5	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	79
5.5.2	Анализ показателей методики освоенного объема	80
6.	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	83
6.1	Производственная безопасность	83
6.1.1	производственная санитария	83
6.1.1.1	Шум и вибрация	84
6.1.1.2	электромагнитное излучение	85
6.1.1.3	Освещение	86
6.1.1.4	Микроклимат	87
6.1.1.5	Психофизиологические факторы условий труда	89
6.1.2	Анализ опасных факторов	90
6.1.2.1	электробезопасность	90
6.1.2.2	Короткое замыкание и статическое электричество	90
6.2	Экологическая безопасность	92
6.3	безопасность в чрезвычайных ситуациях	93
6.4	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	95
6.4.1	Охрана труда для операторов и пользователей ПК	95
6.4.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	96
	Список литературы	98

ВВЕДЕНИЕ

Интерес к системам регулирования температуры всегда был и остаётся на достаточно высоком уровне. Этот факт объясняется многими причинами. Температура является это одним из наиболее распространённых контролируемых и измеряемых параметров, в том числе в обыденной жизни человека, в хранении материалов, в прогнозировании погоды, в промышленном производстве и др.

Несмотря на то, что тепловые процессы долго и хорошо изучены, процессы регулирования температуры на реальных (физических) объектах всегда сопровождается определёнными проблемами, отчасти это из-за инерционности тепловых объектов, множественностью факторов, влияющих на температуру, качеством регулирования температуры и точностью измерений.

Большинство производственных процессов имеют задержку, которая оказывает влияние на динамические характеристики системы весьма велико. большинство объектов имеют скрытые задержки, которое по сравнению с быстродействием процессов на объекте не велико. Таким запаздыванием чаще всего пренебрегают. Но в многих случаях задержка является принципиальным свойством объекта, который необходимо учитывать, когда проводить анализ динамических характеристик объекта. К таким объектам относятся объекты, построенные по аналогичному принципу или всевозможные конвейерные ленты. В этих объектах задержка может выражена в двух формах: а) запаздывание ввода – запаздывание информации связанная с состоянием объекта, задержка по измерению; б) запаздывание выхода – запаздывание объекта управляющего воздействия, запаздывание по управлению. Чем больше отношение значения задержки к максимальной постоянной времени объекта, тем труднее добиться желаемого качества регулирования. Способы повышения качества регулирования могут быть основаны на следующих

образом:

- отношение максимальной постоянной времени к задержанному объекту уменьшается путем внесения структурных или других изменений;

- применением более сложной структуры регуляторов, которого позволяет уменьшить негативное влияние запаздывания.

Настройка контура регулирования состоит из двух важных этапов:

- 1) идентификация объекта;
- 2) расчет параметров промышленных регулятора с использованием различных методов.

На практике для регулирования температуры чаще всего используют классический ПИД-регулятор или его производные (П или ПИ). Для настройки коэффициентов регулятора каждый пользователь выбирает свой собственный метод. Обычным методом является синтез регулятора, вычисление параметров регулятора на основании модели. Если технические средства позволяют реализованы, наиболее распространенным методом является автонастройка или перебора коэффициенты регулятора.

Сложность метода простого поиска заключается в первоначальном выборе коэффициентов, поскольку они определяются динамикой объекта, в свою очередь, тесно связана с задачей получения его основных динамических характеристик, то идентификация объекта. А если идентификация объекта выполнена, тогда могут быть применены известные эмпирические методы для настройки коэффициентов регулятора, которые позволяют значительно уменьшить объём экспериментов и улучшает качество регулирования, например, метод Cohen-Coon, метод Циглера-Никольса.

В настоящей работе рассмотрены вопросы настройки ПИ-регулятора и ПИД- регулятора для лабораторного теплового объекта, включающие получение основных динамических характеристик объекта, расчёт коэффициентов регулятора и выполнение испытания на реальном объекте, анализ результатов применения разных методов расчета регуляторов лабораторного теплового объекта на основании анализа графиков переходного

процесса, делаются выводы о классификации эффективности этих методов.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Тепловой объект является наиболее часто используемым промышленным встречаемым объектом, как и регулирования температуры и процесс измерения. Трудно сказать, когда появилась первая партия регуляторов, но можно утверждать, что это были регуляторы температуры.

Температура — физическая величина, которая характеризует степень нагрева тела, которая, в свою очередь, зависит от кинетической энергии поступательного движущегося молекула этого тела. Когда тело контактирует с разными температурами, за счет теплообмена, происходит выравнивание температуры, а, следовательно, и энергии [1].

В отличии от других наиболее распространённых физических величин, как давление, масса, длина и др. Температура не имеет стандарта, то есть измеряется только косвенным путём. Эти измерения основаны на зависимости физических свойств тел от температуры, например термоЭДС, давления, объёма, длины. Эти свойства называют термометрическими [1].

Первое устройство для измерения температуры было связано с Галилеем, который предложил такое устройство в 1598 году. Позднее М. Ломоносовым и Фаренгейтом разработали термометры, появились Фаренгейта, Ренкина, Кельвина, шкалы Цельсия.

Несмотря на то, что средства измерения температуры существуют уже много веков, процесс их развития и совершенствования продолжается и в настоящее время. На практике несколько общепринятых методов измерения температуры утвердилось и за последние десятилетия не наблюдается существенных значительных изменений в этой области.

Все силы разработчиков брошены направлены на повышение стабильности и точности измерений, развитие электронной аппаратуры оказывает в чем существенную значительную помощь.

2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Типовые промышленные регуляторы

ПИД-регулятор

ПИД-регулятор является одним из ключевых элементов АСУ ТП. Он предназначен для регулирования технических параметра по пропорционально-интегрально-дифференциальному закону.

Пропорционально-Интегрально-Дифференциальные (ПИД) регуляторы и их различные комбинации является наиболее часто используемыми алгоритмами в промышленных системах управления. Он широко используются для регулирования температуры при работе нефтехимического и химического оборудования, а также различных печей (литейные, сушильные, хлебопекарные и т.д.).

Благодаря универсальной структуре, в которой сочетаются прошлое настоящее и будущее, ПИД-регуляторы предлагают самое простое эффективное и интуитивное понятное решение многих проблем автоматизации. Вместе с тем процесс настройки параметров ПИД-регулятора является важной технической задачей, от которой напрямую зависит стабильность и производительность объекта управления.

ПИД-регулятор имеет три основных управляющих эффекта. Пропорциональное (P) действие дает изменение входного сигнала (управляемой переменной), прямо пропорционального сигналу ошибки. Интегральное (I) действие дает изменение входного сигнала, пропорциональное интегралу от ошибки, и его основная цель заключается в устранении ошибки. В то время как действие производной (D) используется для ускорения реакции или для стабилизации системы и дает изменение входного сигнала, пропорционального производной сигнала ошибки. Общий выход контроллера представляет собой сумму этих трех членов. Общий вид ПИД-регулятора приведен ниже в уравнении [2.1.2].

$$U(t) = K_p(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t)dt + T_d \frac{de(t)}{d(t)}) \quad (2.1.1)$$

где $u(t)$ и $e(t)$ обозначают сигналы управления и ошибки, соответственно, и интегральное время пропорционального усиления (K_p) (T_i) и время производной (T_d) - параметры, подлежащие настройке.

Блок-схема ПИД-регулятора с замкнутым контуром показана на рис. 2.1.1.



Рисунок 2.1.1. Блок-схема ПИД-регулятора замкнутого контура

На рис 2.1.1 введены следующие обозначения:

P – объект управления.

R – регулятор;

y – выходной сигнал (регулируемая величина);

u – сигнал управления, то выход регулятора;

e – сигнал рассогласования (отклонение установившегося сигнала и выходного сигнала);

r – Входное воздействие (задание);

с использованием преобразования Лапласа, при нулевых начальных условиях, передаточную функцию ПИД- регулятора можно представить в следующей форме:

$$U(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d * s \right) = K_p + K_i \frac{1}{s} + K_d * s \quad (2.1.2)$$

где s – комплексная частота.

На рисунке 2.1.2 показана структура ПИД-регулятора в параллельной форме.

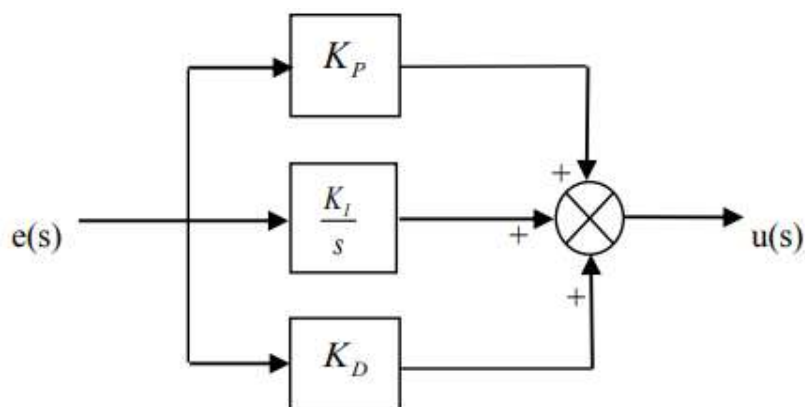


Рисунок 2.1.2. Структура ПИД-регулятора

Где K_p – коэффициенты усиление пропорциональной составляющих регулятора, K_d – коэффициент усиления дифференцирующей составляющих регулятора K_i – коэффициенты усиления интегрирующей составляющих регулятора, T_d – производное время, а T_i – интегральное время. интегрирующий составляющий регулятор улучшает переходный процесс, добавляя нуль к передаточной функции открытой системы. Интегратор устраняет ошибку, увеличивая тип системы с дополнительным полюсом в начале координат. В общем, K_p будет иметь эффект уменьшения времени нарастания, а также уменьшить погрешность, но неустойчивая ошибка никогда не может быть устранена. Для устранения ошибки установившегося состояния может использоваться интегральное усиление K_i , но это сделает переходный процесс хуже.

Дискретная реализация ПИД-регулятора

Непрерывные переменные удобно использовать для синтеза и анализа ПИД-регуляторов. Для технической реализации, поскольку все регуляторы основаны на микроконтроллере, контроллере или компьютере, который оперирует с переменными, полученными из аналоговых сигналов после их дискретизации по уровню и квантования по времени, необходимо перейти к уравнениям дискретной формы. цифровой контроллер должен быть подключен к системе через интерфейсы, которые:

- преобразовать выход системы $y(t)$ непрерывной системы в дискретную последовательность $\{y(k)\}$, которую может обрабатывать цифровой

контроллер.

- преобразовать цифровую последовательность управления $\{u(k)\}$ в сигнал непрерывного управления временем $u(t)$, отправленный в систему.

Типичная цифровая система управления показана на рисунке.

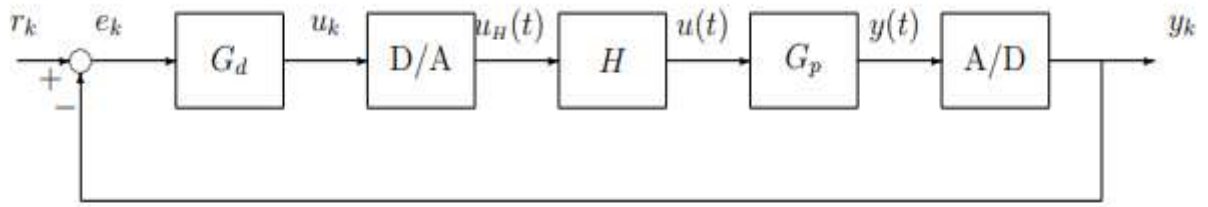


Рисунок 2.1.3-Типичная цифровая замкнутая система управления ПИД-регулятором

Где:

- G_p – объект управления
- G_d - цифровой регулятор.
- Блок А / D преобразует непрерывный (аналоговый) выход системы $y(t)$ в дискретно-временную (цифровую) последовательность $y(k)$, $k = 0, 1, 2, \dots$
- Блок D / A преобразует (цифровую) последовательность управления $u(k)$, $k = 0, 1, 2, \dots$ к постоянному (аналоговому) управляющему сигналу $u_H(t)$.
- Н - фильтр для сглаживания разрывов из-за преобразования цифроаналогового сигнала.

Дискретный (цифровой) Р-регулятор:

$$u_k = K_p e_k$$

Дискретный (цифровой) I-регулятор

$$u_k = TK_i \sum_{n=1}^k e_n$$

Дискретный (цифровой) D-регулятор:

$$u_k = \frac{K_d(e_k - e_{k-1})}{T}$$

Дискретный (цифровой) PID-регулятор

$$u_k = K_p e_k + T K_i \sum_{n=1}^k e_n + \frac{K_d (e_k - e_{k-1})}{T} \quad (2.1.3)$$

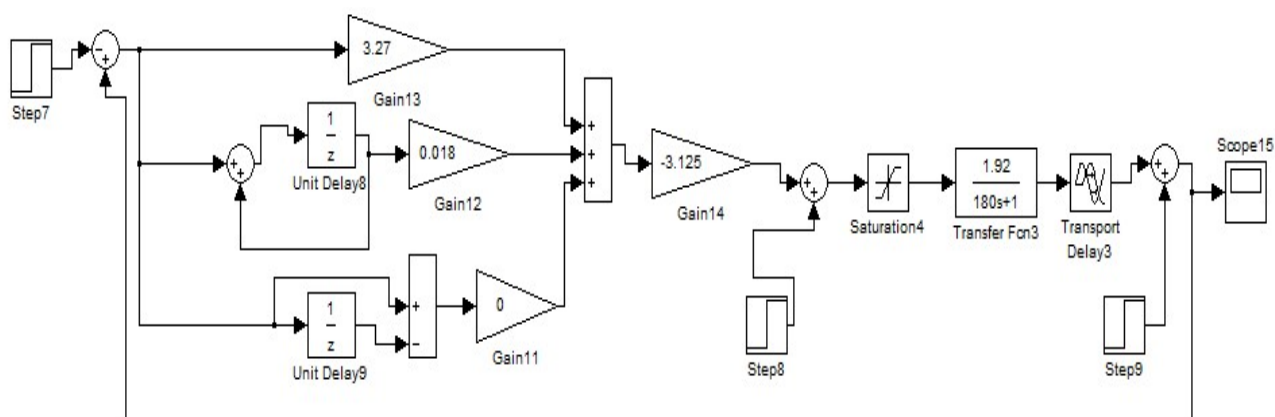
Где: Т - время дискретизации, i – номер временного такта.

В программной реализации для оптимизации расчетов переходят к Инкрементной формуле:

$$u_k = u_{k-1} + K_P T (e_k - e_{k-1}) + K_i e_k + \frac{K_d (e_k - 2e_{k-1} + e_{k-2})}{T} \quad (2.1.4)$$

где: $K_i = \frac{K_P}{T_i}$; $K_d = K_P * T_d$.

Инкрементная форма регулятора подходит для применения в микроконтроллерах, поскольку в ней основная часть вычислений выполняется с приращениями, для отслеживания суммы нет необходимости. Для представления, которых можно использовать слово с малым количеством двоичных разрядов. Реализация Дискретного (цифровой) ПИД-регулятора В среде MATLAB в SIMULINK представлена на рисунке 2.1.4:



рисунке 2.1.4-реализация Дискретного (цифровой) ПИД-регулятора В среде MATLAB в SIMULINK

2.2 Описание исследуемого объекта

Функциональная схема исследуемого объект представлебн на рисунке 1.

В камере 1 размещен тепловой нагреватель 2 с воздушным охлаждением. Нагрев выполняется постоянно от источника напряжением переменного тока VAC 3. Температура измеряется терм сопротивлением 4 и регулируется

изменением воздушного потока, направленного на нагреватель. Воздушный поток создаётся вентилятором 5, который приводится в действие трёхфазным асинхронным двигателем 6. Производительность двигателя регулируется частотным преобразователем 7, управление которым выполняет микроконтроллер, реализующий ПИД-закон регулирования 8.

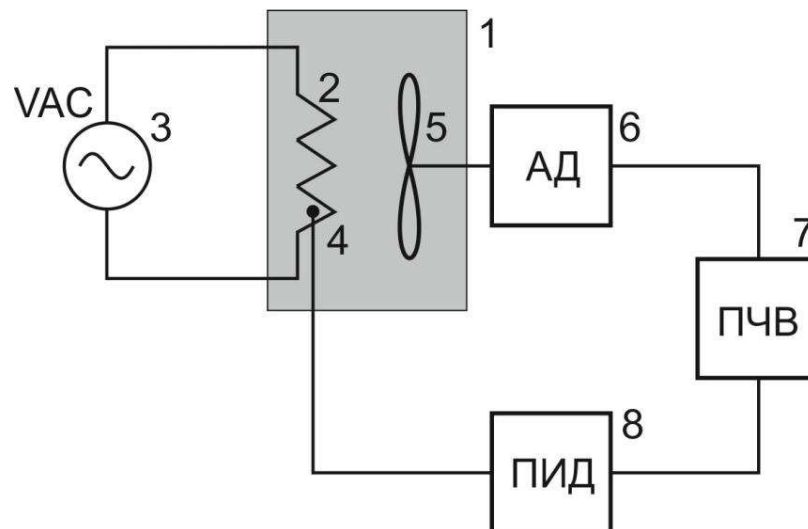


Рисунок 2.2.1 – Функциональная схема объекта

на рисунке 2.2.2 представлена структурная схема лабораторной установки, на которой выполняются исследования.

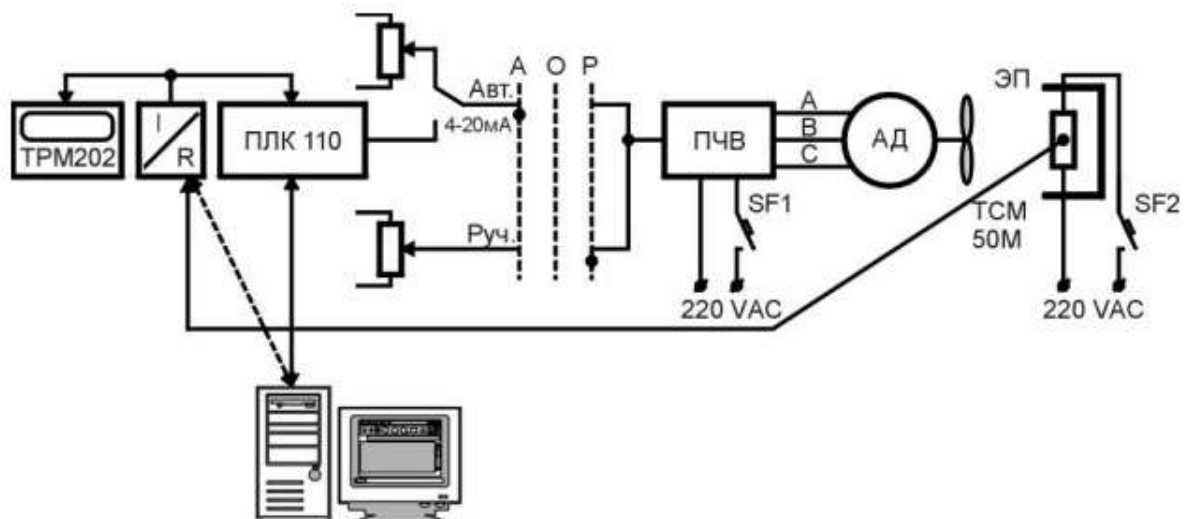


Рисунок 2.2.2 - Структурная схема лабораторного стенда

Установка включает:

- ЭП – эмулятор печи;
- SF1, SF2 – автоматический выключатель.
- TCM 50M – медное термосопротивление, градуировка 50M;

- АД – асинхронный двигатель;
- ПЧВ – векторный преобразователь частоты;
- ПЛК110 – программируемый логический контроллер ПЛК110-220.32.P/L;
- I/R – преобразователь, нормирующий температуры программируемый НПТ1;
- ТРМ212 – микропроцессорный измеритель - регулятор;

Характеристики элементов лабораторной установки приведены в таблице 2.2.1.

Таблица 2.2.1 –технические характеристики приборов лабораторной установки

№ п/п	Обозначение	Прибор и его характеристики	Тип	Кол-во
1	ТСМ 50М	Термопреобразователь сопротивления медный 50М	ТСМ 50М	1
2	SF1, SF2	Автоматический выключатель	SF	2
3	ЭП	Эмулятор печи: -напряжение питания 220В, переменного тока частотой 50Гц.	ЭП-10	1
4	ПЧВ	Преобразователь частоты векторный со съёмной локальной панелью оператора (ЛПО)	ПЧВ 102-1K5-A	1
5	ПЛК110	Программируемый контроллер с дискретными входами/выходами на борту. -Наличие последовательных портов (RS-232, RS-485) на борту контроллера; -большой объём памяти; -Встроенный аккумулятор	ПЛК110-220.32.P/L	1
6	I/R	Преобразователь предназначен для преобразования значения температуры, измеренной с помощью термопары термосопротивления, нормализует программируемый сигналов датчика температуры в унифицированный сигнал 4...20мА:	НПТ1	1
7	ТРМ212	Измеритель – регулятор предназначен для измерения и	ТРМ202-Н-РР	1

		автоматического регулирования температуры, он двухканальный микропроцессорный с интерфейсом RS-485 настенного исполнения с двумя релейными выходами.		
8	АД	3 фазовый Асинхронный двигатель - $\cos \varphi = 0,78$; - мощность – 180 W; - скорость-2730 об/мин; - КПД = 68%;	АИР 56 А2	1

Эмулятор печи ЭП 10

Эмулятор печи ЭП10 представляет собой миниатюрную печь, используется в качестве объекта управления при наладке установок (систем), на котором выполняются исследования, функционирующих с применением терморегуляторов (ТРМ), она специально разработана для исследования тепловых процессов. Такая печь называется эмулятором печи ЭП10, представлен на рисунке 2.2.3 и выпускается компанией Овен. Она может использоваться для организации лабораторий в учебных заведениях, создания различных демонстрационных моделей и экспериментальных стендов.



Рисунок 2.2.3 - Эмулятор печи овен ЭП10

Основные характеристики Эмулятора печи овен ЭП10

- прозрачной крышкой и удобный корпус позволяющий прикрепить настану или поместить на столе.
- подключение к прибору по работы по то эмулятора позволяет только при

отключенном питании.

- светодиодная индикация при включении нагрева;
- возможно управление включением нагрева от выходного элемента терморегулятора (э/м реле или семисторонний потопаны);
- максимальная рабочая температура прибора 125 °С.
- следующие встроенные компоненты: измеритель температуры (термосопротивление TCM 50M), нагреватель мощностью 10 Вт;

Описание контроллера ОВЕН ПЛК 150 – 220. А-М

Контроллер ОВЕН ПЛК 150 – 220. А-М предназначен для:

- автоматического регулирования температуры (при использовании термометров сопротивления в качестве первичных преобразователей) и измерения, и других физических параметров, значение которых первичными преобразователями (датчиками) может быть преобразовано в активное сопротивление, унифицированный электрический сигнал постоянного тока или напряжение постоянного тока;
- выполнение пользовательской программы по анализу результатов аналоговых входов и измерения дискретных;
- управление дискретными (релейными) выходами;
- измерения дискретных входных сигналов;
- управление аналоговыми выходами;
- измерения аналоговых сигналов напряжения или тока;
- прием и передачу данных по интерфейсам RS+485, RS+232, Ethernet;

Контроллер может применяться с целью создания систем автоматизированного управления технологическим оборудованием на транспорте, в энергетике, в т.ч. железнодорожном, в различных областях промышленности, сельского хозяйства и жилищно-коммунального.

Логика работы ПЛК150 определяется пользователем при программировании контроллера. Программирование осуществляется с

использованием системы программирования CoDeSys 2.3.8.1 и старше.

На рисунке 2.2.4 – представлена схема подключения ОВЕН ПЛК150-220

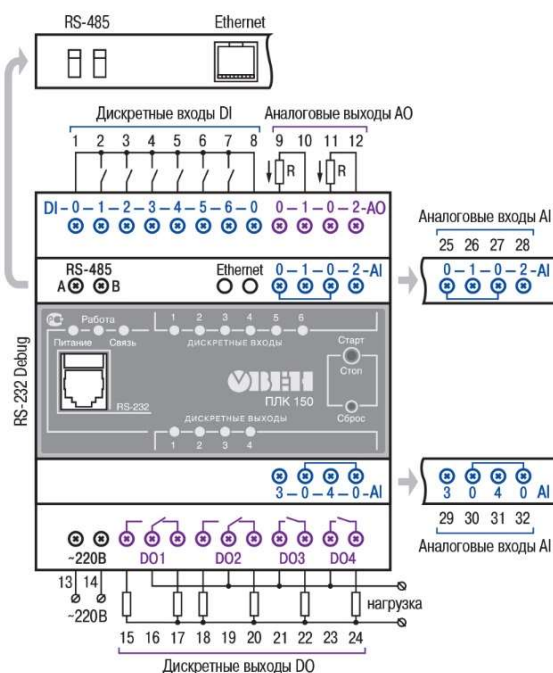


Рисунок 2.2.4 – Схема подключения питания, дискретных и аналоговых входов и выходов ПЛК 150 – 220

выполнение программы при перевод выходных элементов и пропадании питания в «безопасное состояние»;

Контроллер поддерживает работу с нестандартными протоколами по любому из портов, что позволяет подключать такие устройства как водосчетчики, газо-, электро-, водосчетчики, считыватели штрих-кодов и т.п.

2.3 Описание программной среды CoDeSys

В представленной системе автоматического регулирования регулятор реализован программно с использованием среды разработки CoDeSys v.2.3. Основой комплекса CODESYS является среда разработки прикладных программ для программируемых логических контроллеров (ПЛК). CoDeSys существуют специальные системные библиотеки, позволяющие получить доступ к функциям ОС. Она распространяется бесплатно и может быть без

ограничений установлена на нескольких рабочих местах.

на встроенной в CoDeSys системе может реализовать визуализацию. Непосредственно в среде программирования есть графический редактор, позволяющий "рисовать" при помощи набора графических элементов, свойства которых легко связываются со значениями переменных проекта. В числе элементов есть совсем простые (отрезок, прямоугольник, сектор и др.) и более сложные (шкалы, гистограммы и др.).

для программирования ПЛК существуют специальные языки, определенные международным стандартом МЭК 61131-3. В CODESYS существуют все пять языков определяемых стандартом IEC 61131-3 (МЭК 61131-3), доступные для программирования:

- IL (Instruction List) ассемблер-Список инструкций;

язык программирования стандарта IEC61131-3. Предназначен для программирования промышленных контроллеров. По синтаксису напоминает ассемблер.

- ST (Structured Text) Структурированный Текст;

ST (Structured text) — это одна из составных частей комплекса CoDeSys и представляет собой текстовый редактор высокого уровня. Он очень похож на Basic или Pascal. Такой способ программирования является идеальным инструментом для людей-программистов. Преимуществом языка является создание сложных математических и разветвленных алгоритмов.

- LD (Ladder Diagram) Язык релейных схем;

Главное достоинство языка — безусловно простота. Программа представляется как электрический поток, любой специалист по электротехнике это поймет. Правила просты, здесь используются лишь булевы выражения, код рационален и легко может быть оптимизирован вручную.

главный недостаток — операции только двоичные, лишь дискретные состояния возможны, непрерывное управление сразу отпадает. К тому же с увеличением количества реле схема становится сложной для чтения,

понимания и отладки.

- FBD (Function Block Diagram) Функциональные блочные диаграммы;

Язык программирования FBD представляет собой графический язык, спроектированный для описания процессов прохождения сигналов.

- SFC (Sequential Function Chart) Язык последовательных функциональных диаграмм состояний.

SFC - это графический язык, который предназначен для написания программ последовательного управления технологическим процессом, описывающий его в форме близкой к диаграмме состояний, а последовательность работы определяется условиями переходов между шагами.

В дополнение к FBD, язык программирования SFC (диаграмма непрерывных функций) также поддерживает произвольное размещение блоков и порядок их выполнения.

Преимущества SFC:

Явное представление обратных связей, удобен для регуляторов, не требует вспомогательных переменных; порядок исполнения легко изменить путем изменения порядка вызова блоков, поток обработки данных задается свободно; хорош для непрерывных процессов; свободное размещение блоков и соединений, отлично подходит для общего представления проекта.

Недостатки:

Соединения нужно выполнять вручную, Ввод программы занимает несколько больше времени; последовательность исполнения может быть легко нарушена; требуется применять взвешенный стиль программирования.

В CODESYS реализован множество других расширений спецификации IEC 61131-3. Наиболее важными из них являются поддержка объектно-ориентированного программирования (ООП).

Пользовательская программа в среде CoDeSys реализована на языке SFC и представлена на рисунке 2.4.1

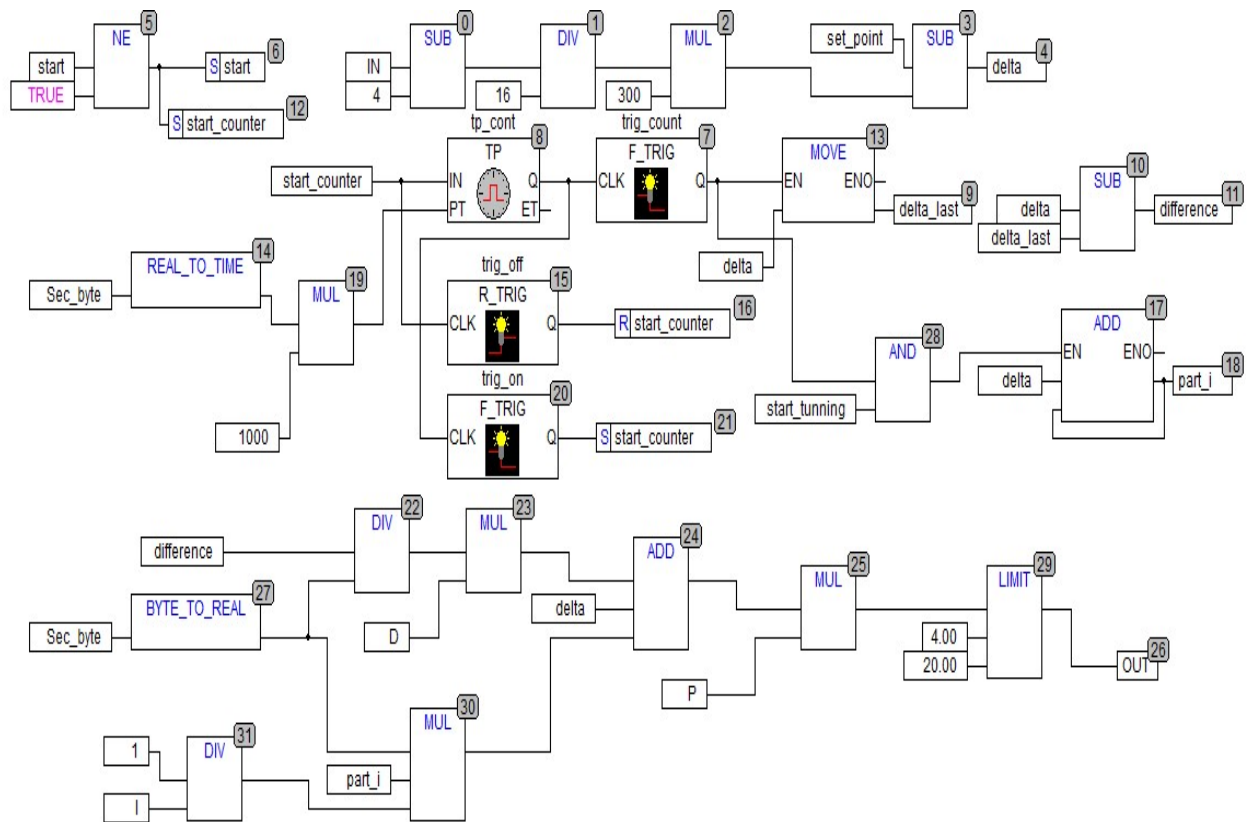


Рисунок 2.2.5 – Программа регулирования на языке CFC

В данной программе составляют три части: пропорциональная составляющая `delta`, интегрирующая составляющая `part_i` и дифференцирующая составляющая `difference`.

Полученные пропорциональная, интегрирующая и дифференцирующая составляющие с помощью блока `MUL` умножаются на коэффициент, позволяющий пропорционально увеличить или уменьшить сигнал регулирования, и затем с помощью блока `ADD` и `LIMIT` сложиться три составляющие и ограничиться в заданных границах.

```

PROGRAM PLC_PRG
VAR
    start: BOOL;
    start_counter: BOOL;
    trig_off: R_TRIG;
    tp_cont: TP;
    trig_count: F_TRIG;
    trig_on: F_TRIG;
    set_point: REAL:=1;
    actual_value: REAL;
    delta: REAL;
    delta_last: REAL;
    start_tunning: BOOL;
    difference: REAL;
    part_i: REAL;
    Sec_byte: BYTE:=1;
    D: REAL:=1;
    I: REAL:=1;
    P: REAL:=1;
    OUT: REAL;
    IN: REAL;
END_VAR

```

Рисунок 2.2.6 – Раздел объявления локальных переменных

3. ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЙ И НАСТРОЙКА РЕГУЛЯТОРА

3.1 Идентификация исследуемого объекта с использованием переходных характеристик

Для исследования объекта и настройки регулятора, обеспечивающей устойчивость работы и ее корректность системы, проведена процедура идентификации объекта, т.е. получают его основные динамические характеристики: постоянная времени T , коэффициент передачи k и величина времени задержки τ . После завершения идентификации выполняются настройки регулятора.

В данной работе используются два типичных промышленных аналоговых регуляторов: ПИ – регулятор и ПИД – регулятор, настройка которых, в итоге, должна будет обеспечить удовлетворительное качество процесса регулирования уровня и устойчивость системы для данной системы автоматического регулирования. Определение динамических характеристик объекта выполняется по кривому разгону. Кривая разгона представляет собой реакцию системы на входное ступенчатое воздействие – переходную характеристику системы $h(t)$. В связи с тем, что, нагрев печи организован непрерывно, ступенчатое изменение входного воздействия выполняется изменением обдува нагревателя с помощью преобразователя частоты ПЧВ. Принимая во внимание тот факт, что реакцией объекта является температура можно заранее предположить, что кривая переходного процесс будет иметь вид переходной характеристики апериодического звена 1-го порядка с небольшим запаздыванием.

Идентификация объекта выполняется по экспериментально полученной переходной характеристике $h(t)$ при ступенчатом изменении входного сигнала

$$x(t) = c * 1(t)$$

где c – масштабный коэффициент;

$1(t)$ – единичный входной сигнал:

$$\begin{cases} 1(t) = 0, t < 0; \\ 1(t) = 1, t \geq 0. \end{cases}$$

Для того, чтобы получить переходной характеристики объекта, регулятор переводится в ручной режим и задаётся максимальный воздушный поток для охлаждения объекта, который соответствует частоте 50 Гц питающего напряжения двигателя вентилятора. Когда достигается установившийся режим, поток воздуха уменьшается до нуля (частота питающего напряжения составляет 0 Гц), так что температура объекта экспоненциально возрастает до некоторого предельного значения T_{\max} . Таким образом, ступенчатое воздействие представляет собой изменение частоты напряжения питания двигателя вентилятора от 0 до 50 Гц.

На рисунке 3.1.1 показана переходная характеристика объекта.

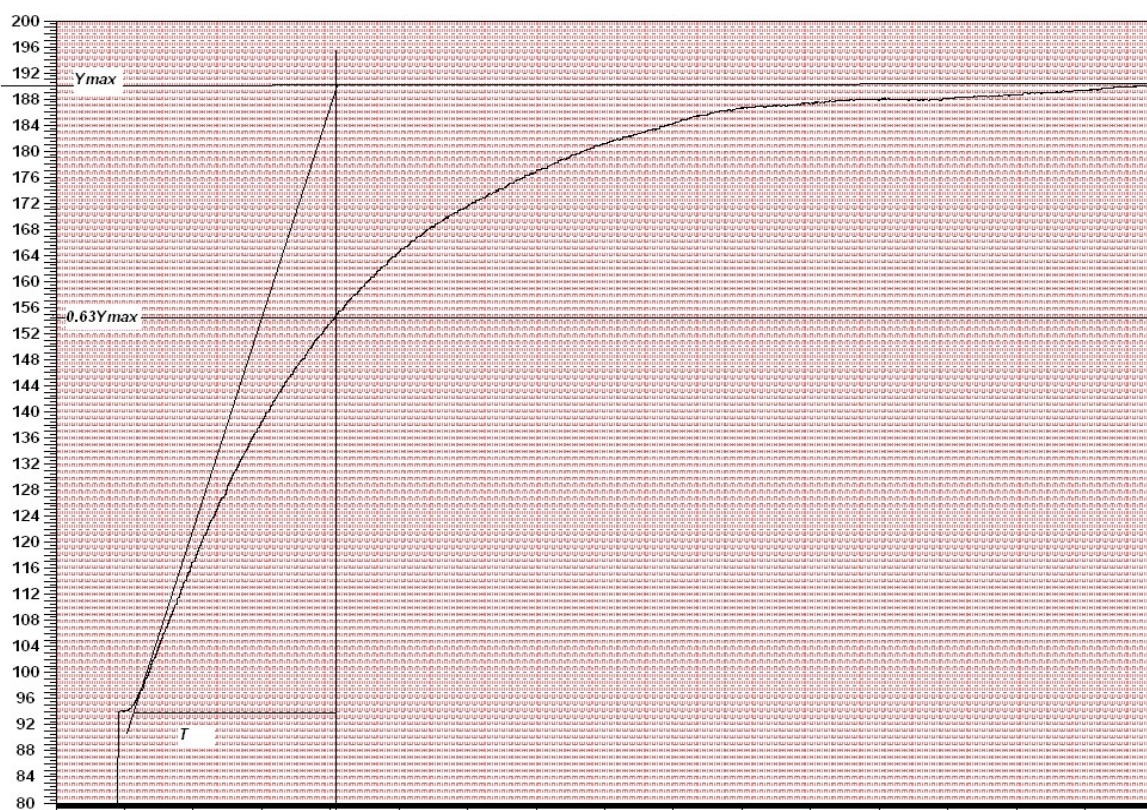


Рисунок 3.1.1 – Переходная характеристика объекта управления при ступенчатом входном воздействии

Передаточная функция объекта управления, имеющего гладкую не колебательную переходную характеристику, представленную на рисунке 3.1.1, достаточно просто определяется с помощью графических методов [1]. Представим передаточную функцию объекта в виде апериодического звена

первого порядка с чистым запаздыванием

$$W(s) = \frac{k}{Ts + 1} * e^{-\tau*s} \quad (3.1.1)$$

где k – статический коэффициент передачи;

T – постоянная времени объекта.

τ – время запаздывания;

Статический коэффициент k передачи объекта определяется соотношением изменения установившегося значения выходного сигнала к величине входного воздействия:

$$k = \frac{y(\infty) - y_0}{u_B - u_0} \quad (3.1.2)$$

где $y(\infty)$ - установившееся значение выходной величины при подаче на вход объекта ступенчатого входного сигнала с уровнем u_B ;

u_0 и y_0 - начальное установившееся значение входного и начальное выходные значение.

Время запаздывания τ может быть определяется как время, когда переходная касательная в начале траектории пересекает установившееся значение выходного сигнала, то интервал времени от момента подачи входного сигнала до момента начала «движения» системы под воздействием сигнала.

постоянная времени объекта T - для инерционного объекта первого порядка постоянная времени объекта T определяется временным интервалом, в течение которого передаточная функция достигает стационарного значения 63% установившейся величины. Это следует из того, что при $t=T$ значение переходной функции приблизительно равно $0,63k$.

По переходной характеристике (рисунок 3.1.1) графическим методом определяются параметры передаточной функции k , T , τ .

С учетом полученных значений выражение (1) принимает следующий вид

$$W(s) = \frac{1.92}{180s + 1} * e^{-15*s} \quad (3.1.3)$$

Коэффициент передачи определяется как отношение изменения выходного сигнала (температуры объекта) к вызвавшему это изменение

входного сигнала (изменение частоты питающего напряжения).

3.2 Расчёт параметров настройки ПИД-регулятора

Метод настройки регулятора — это метод определения параметров ПИД-регулятора для данной системы. ПИД-регулятор описывается тремя параметрами; K_p , K_i и K_d . Настройка регуляторов для обеспечения нормального функционирования систем автоматического регулирования с заданными показателями качества является необходимым условием.

Целью настройки ПИД-регулятора является определение параметров, соответствующих спецификациям производительности системы замкнутого контура.

В настоящее время существует большое количество методов настройки ПИД-регуляторов. Начиная от простейших эмпирических методов и заканчивая оптимизационными методами. Все эти методы в той или иной степени требуют априорной информации о свойствах регулируемого объекта, которая получается в результате проведения идентификации объекта. Перед тем как выбрать тот или иной метод и непосредственным образом рассчитать настроечные коэффициенты регулятора нужно сформулировать цель и критерии качества, например: регулирования время регулирования, перерегулирование, статическая ошибка, интегральное квадратное значение ошибки и т.д.

Благодаря большому количеству практических и теоретических методов их настройки и простоте своей структуры ПИД-регуляторы являются основными в практическом применении.

Несмотря на кажущуюся абсурдность, самым распространённым способом настройки ПИД-регулятора является экспериментальный способ. Данный способ предполагает отсутствие теоретических знаний об объекте и даёт неплохие результаты при наличии большого опыта у настраивающего регулятор специалиста и хорошие практические знания объекта, его поведение в критических ситуациях, возможные негативные последствия. В подобных

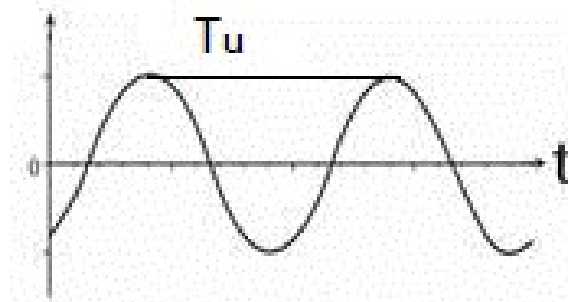
ситуациях специалист интуитивно подбирает коэффициенты, пользуясь качественными характеристиками объекта, например: быстрый, медленный, большой, маленький, тяжёлый, лёгкий и т. д.

Наряду с экспериментальным способом разработано большое количество эмпирических способов, основанных на получении модели объекта. Данные способы достаточно хорошо формализованы и в некоторых случаях дают неплохой результат. Рассмотрим некоторые из них.

Метод Циглера-Никольса

Метод Циглера-Никольса, предложенный в 1943 г. относится к эмпирическим методам настройки коэффициентов ПИД-регулятора и основан на использовании данных, полученных экспериментально на реальном объекте. Существует два известных варианта настройки параметров регулятора по методу Циглера–Никольса.

Первый вариант основан на использовании запас устойчивости. В этом варианте процедура настройки ПИД-регулятора начинается с экспериментального исследования системы, переводя систему в режим объекта регулирования и П-регулятора, для чего отключают интегральную и дифференциальную компоненты, т.е. устанавливают значение T_i максимально возможным, а значение T_d минимально возможным. Коэффициент передачи П-регулятора в начале равно 0, затем он увеличивается до тех пор, пока система переходит в колебательный режим с постоянной амплитудой колебаний. Фиксируется и обозначается через k_p * значение коэффициента передачи регулятора, где система находится на границе устойчивости. Измеряется период T * установившихся в системе колебаний (на рисунке 3.2.1).



рисунке 3.2.1- схема системы на граничу устойчивости

по приведёнными ниже формулам, рассчитывают требуемые значения параметров.

Таблица 3.2.1 – Параметры типовых регуляторов

	k_p	k_i	k_d
П	$0,5k_p *$		
ПИ	$0,45k_p *$	$0,54k_p */T_u$	
ПИД	$0,6k_p *$	$1,2k_p */T_u$	$0,075k_p * T_u$

Недостаток этого варианта - необходимость вывода системы на границу устойчивости, что для многих объектов управления делать не рекомендуется.

второй вариант – значения параметров регулятора рассчитываются непосредственно по значениям параметров k , T τ , определённые по переходной характеристике.

Недостаток второго варианта – не учитывает требования к запасу устойчивости системы.

по приведёнными ниже формулам, рассчитывают требуемые значения параметров, результаты вычислений коэффициентов в таблице 3.2.3.

Таблица 3.2.2 – Формулы для расчета параметров регулятора

	k_p	T_i	T_d
П-регулятор	$T/k\tau$		
ПИ-регулятор	$0,9*T/k\tau$	$0,3*T/k\tau^2$	
ПИД-регулятор	$1,2*T/k\tau$	$0,6*T/k\tau^2$	$0,6*T/k$

Таблица 3.2.3 – Полученные коэффициенты регуляторов

	k_p	T_i	T_d
ПИ-регулятор	5,625	0,125	
ПИД-регулятор	7,5	0,25	56,25

На рисунках 3.2.2 и 3.2.4 представлены переходные процессы на реальном объекте при одинаковом входном ступенчатом воздействии для ПИ и ПИД-регуляторов.

На рисунках 3.2.3 и 3.2.5 представлены полученные в среде MatLAB переходные процессы при ступенчатом воздействии для ПИ и ПИД-регуляторов.

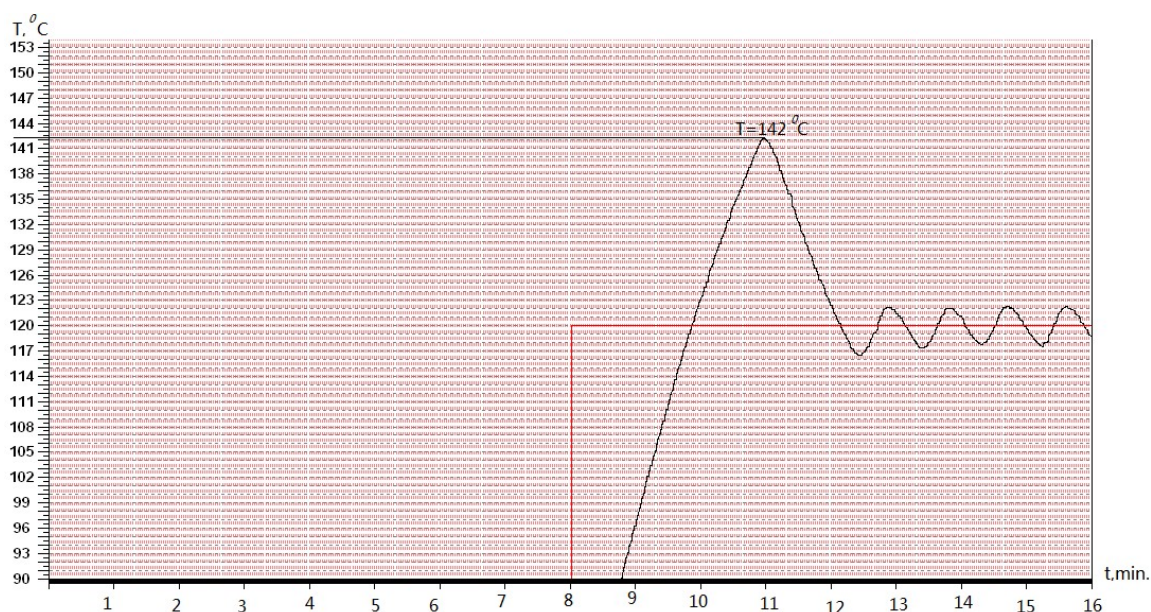
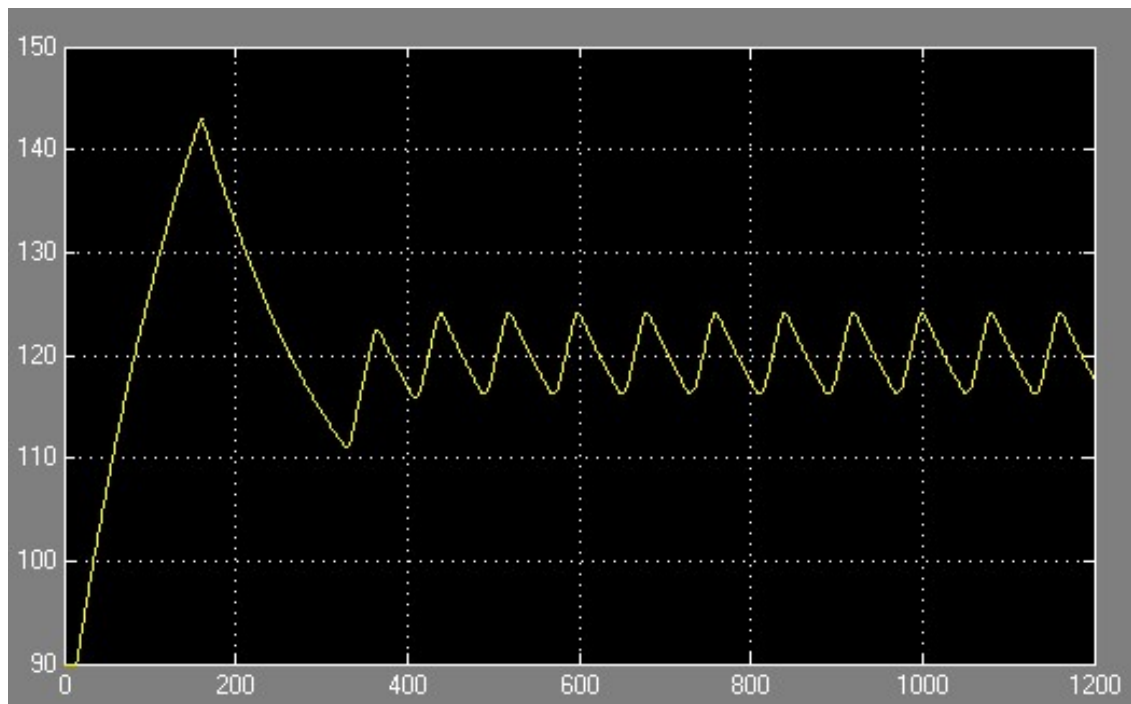


Рисунок 3.2.2- Переходный процесс в системе с ПИ-регулятором



рисунк 3.2.3-проходный процесс в SIMULINK с ПИ-регулятором
полученные методом Циглера-Никольса коэффициенты настройки ПИ-регуляторов не обеспечивают приемлемого качества регулирования (перерегулирования и времени регулирования), даёт колебательный переходный процесс.

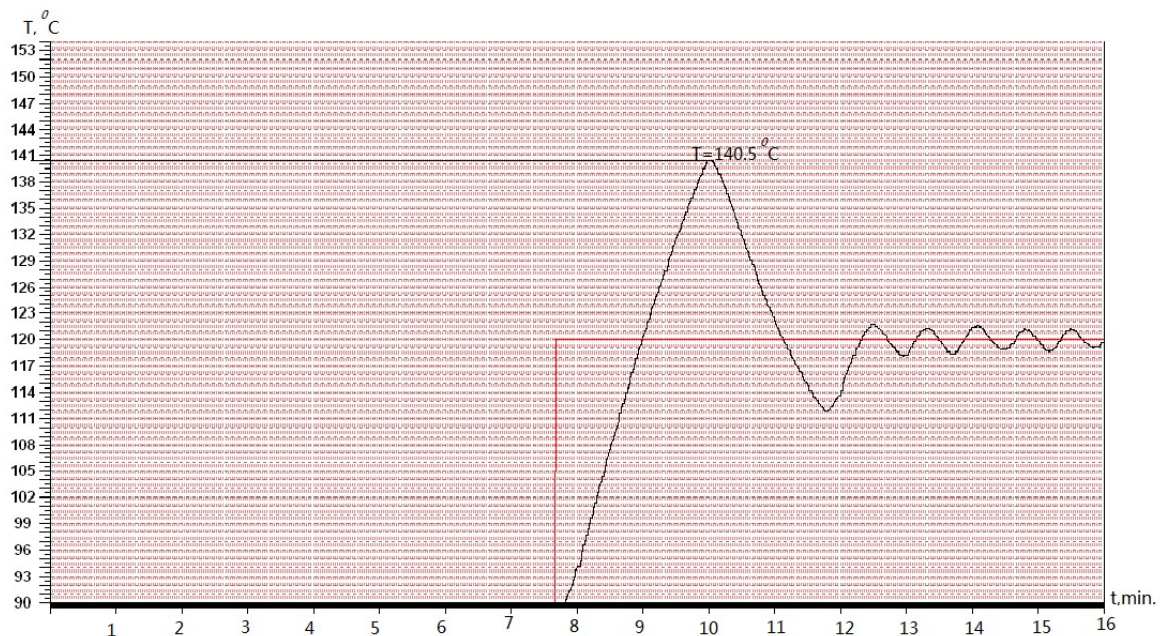


Рисунок 3.2.4- Переходные процессы в системе с ПИД-регулятором

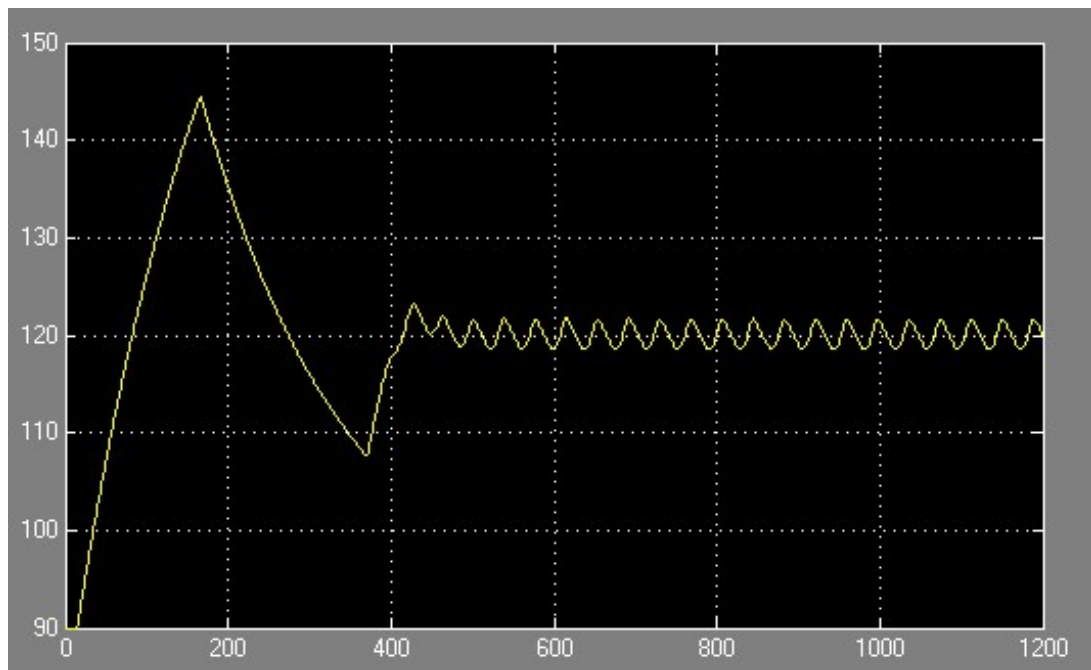


рисунок 3.2.5-проходный процесс в SIMULINK с ПИД-регулятором
полученные методом Циглера-Никольса коэффициенты настройки ПИД-регуляторов не обеспечивают приемлемого качества регулирования (перерегулирования и времени регулирования), переводя объект практически в колебательный режим.

Метод на основе генетического алгоритма

Генетические алгоритмы – это мощный метод оптимизации, который позволяет найти глобальное оптимальное решение быстрее, чем другие методы случайного поиска. Их основным достоинством является отсутствие проблем со устойчивостью и сходимостью. Эти методы применяются для поиска оптимальных положений функций принадлежности в фазорегуляторах для поиска оптимальных параметров регулятора, для идентификации моделей объектов управления и для «обучения» в нейронной сети. В большинстве случаев, генетические алгоритмы применяются совместно с регуляторами с нечёткой логикой и нейронными сетями.

Недостатком генетических алгоритмов является то, что поиск экстремальных значений занимает большое время, что делает их

непригодными для высокоскоростных систем реального времени.

Генетические алгоритмы основаны на принципах Дарвиновского естественного отбора, сформулированных в 1859 году. Идея генетических алгоритмов применительно для решения математических задач сформулирован Дж. Холланд в 1962 году. В генетических алгоритмах используются понятия генов, репродукции, селекции, хромосом, мутация, скрещивания. Основная идея генетических алгоритмов напрямую подобна принципу естественного отбора, когда наиболее приспособленные особи выживают.

Основными элементами естественной генетики, используемым для процедуры поиска, являются:

Кроссовер:

Кроссовером является основным генетическим оператором, который обменивается генетическим материалом между особями. Имитирует процесс скрещивания особей.

размножение (скрещивание):

Размножение в разных алгоритмах определяется по-разному, Основным требованием к скрещиванию является то, что потомки должны иметь возможность «смешав» характеристики обоих родителей каким-то образом.

Мутация:

Оператор мутации, используемые для отбора и скрещивание новых поколений, используются для выбора популяций из локального экстремума и защита от преждевременной сходимости.

Каждый бит каждой особи популяции существует вероятность инвертирования. Эта вероятность обычно очень мала, менее 1%.

Можно выбирать несколько точек в хромосоме для инверсии, и число также может быть случайным. Также можно инвертировать сразу несколько последовательных точек. обычно рекомендуемые вероятности по выбору мутации нередко можно встретить варианты $1/L$ или $1/N$.

Критерии останова:

В общем, этот эволюционный процесс может продолжаться бесконечно. Критерием остановки может быть сходимость заданного количества поколений или схождение популяций.

Схождение это - состояние популяции, когда все строки популяции находятся в некотором экстремальной области и почти одинаковы. Другими словами, кроссовер практически никак не изменяет популяции, а мутирующие особи склонны вымирать, так как менее приспособлены. Таким образом, схождение популяции означает, что достигнуто к оптимальным решениям.

Классический генетический алгоритм состоит из следующих этапов:

1. определение целой функций (приспособленности) для особей популяции
2. выбор начальную популяцию, то исходной популяции хромосом размера N ;
3. вычисление значения целевой функции для всех особей
4. применение операторов размножение (скрещивание)
5. Матирование
6. Кроссовер
7. проверка условия остановки алгоритма, если выполняются условия остановки, то, финиш, иначе то переход к пункту 2.

Для работы алгоритма нужно задать вероятность мутации, вероятность скрещивания, нижнюю и верхнюю границы изменения искомых параметров, максимальное количество поколений и размер популяции.

Для проектирования ПИД-регулятора на основе генетического алгоритма исходная популяция хромосом генерируется случайным образом. Эта популяция содержит двоичные строки, где строка представляет собой пропорциональную, интегральную и дифференциальную часть (K_p , K_i , K_d).

для оценки коэффициентов ПИД-регулятора может быть выбрана, к примеру, как минимальное перерегулирование, минимальное время нарастания или как

$$J = \frac{1}{\int_0^t t|e(t)|dt}$$

где: $e(t)$ –текущее значение ошибки выходного сигнала и задающего сигнала, t –время.

На рисунке 3.2.5 представлена структура алгоритма поиска оптимальных коэффициентов ПИД-регулятора.

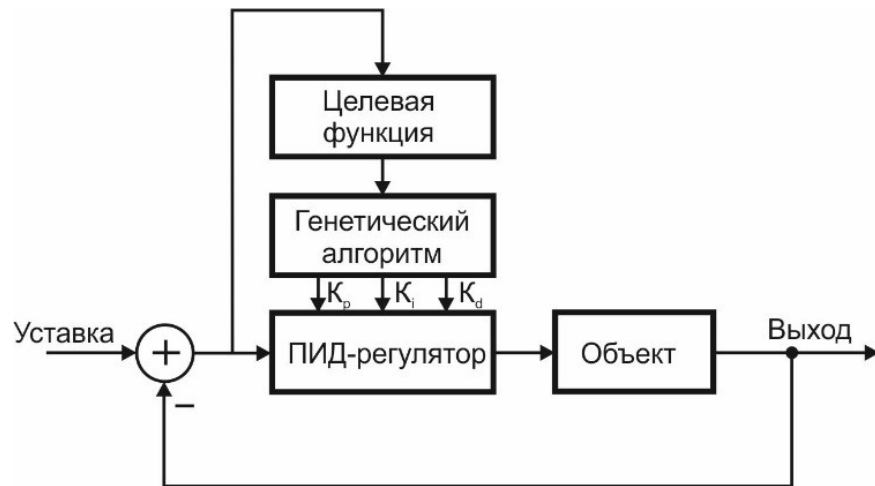


Рисунок 3.2.5 - Блок схема настройки ПИД-регулятора на основе генетического алгоритма

В работе поиск оптимальных параметров ПИД-регулятора выполнялся генетическим алгоритмом со следующими параметрами: размер популяции – 100, вероятность скрещивания – 0,9, максимальное количество поколений – 100, вероятность мутации – 0,1.

Коэффициенты регулятора получены в результате моделирования в среде MATLAB:

$$K_p=1.3521;$$

$$K_i=0.0174;$$

$$K_d=0.07.$$

На рисунке 3.2.6 представлены результаты эксперимента на реальном объекте с полученными коэффициентами ПИД- регулятора

На рисунках 3.2.7 представлен полученный в среде MatLAB переходный процесс при ступенчатом воздействии с ПИД-регулятором.

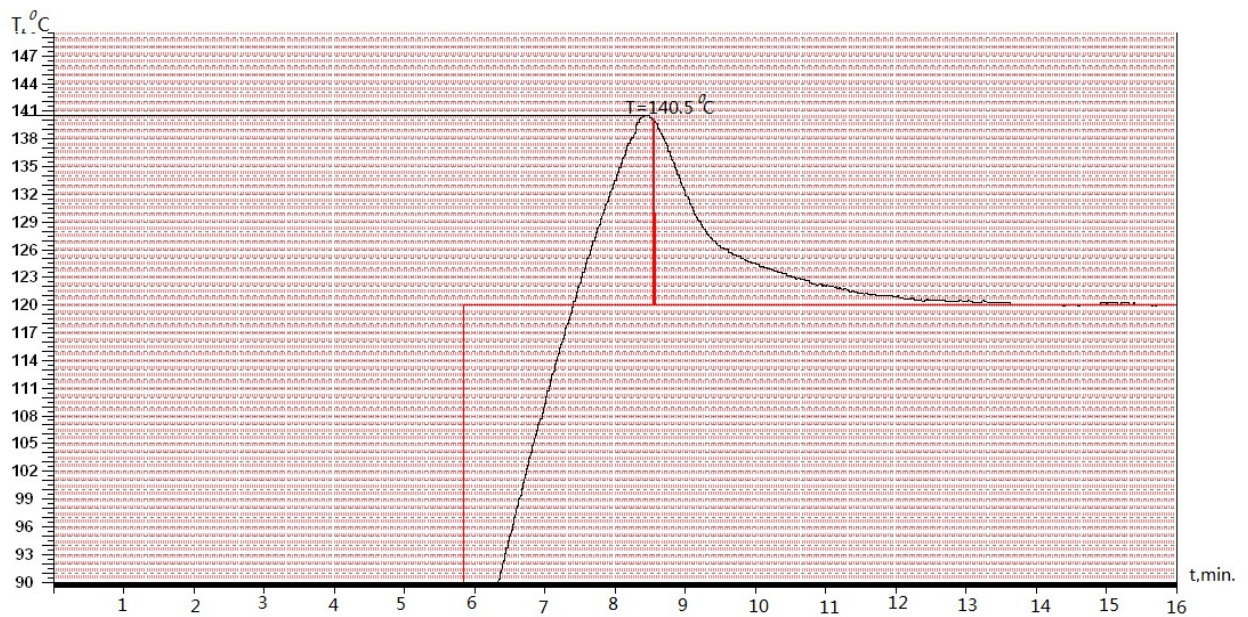


Рисунок 3.2.6 - Переходный процесс в системе с ПИД-регулятора на основе генетического алгоритма

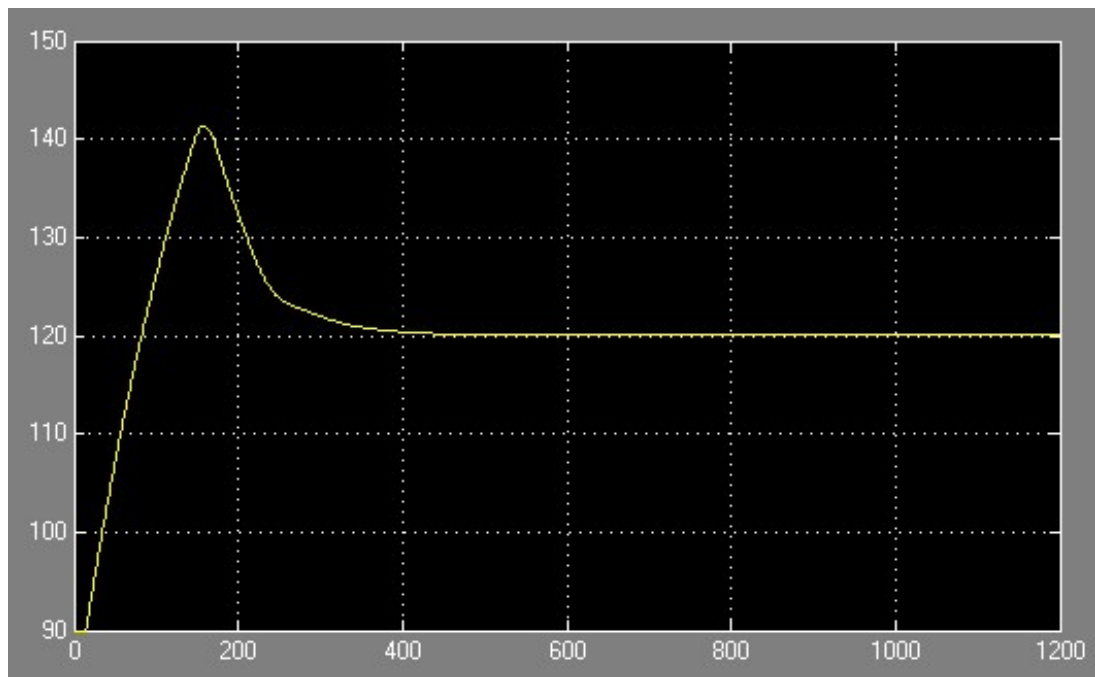


рисунок 3.2.7-проходный процесс в SIMULINK с ПИД-регулятором на основе генетического алгоритма

Из рисунка 3.2.6 следует, что объект с применением ПИД-регулятором, коэффициенты которого вычислены на основе генетического алгоритма, даёт достаточно хорошие результаты, обеспечивает систему устойчивая. Перерегулирование составляет 16,7%. Время регулирования составляет 400 сек.

Самонастройка ПИД-регулятора на основе релейной обратной связи

В работах Астрема и Хаглунда приведен метод самонастройки регулятора [2], который в настоящее время является самым распространённым методом в коммерческих ПИД-регуляторах с автонастройкой. Он использует свойство замкнутой динамической системы с отрицательной обратной связью генерировать незатухающие колебания на частоте фазового сдвига -180° при петлевом усилении $K_{180} \geq 1$. Суть метода достаточно просто и понятно.

Алгоритм метода как следующий:

В режиме автонастройки в контур отрицательной обратной связи включается релейное звено, благодаря которому возбуждаются незатухающие колебания.

Для полученных незатухающих колебаний рассчитываются:

- период колебаний T_u ;
- коэффициент передачи на границе устойчивости K_u ,

по которым, с использованием эмпирических выражений, определяются коэффициенты регулятора. После чего система переходит в режим регулирования.

Структурная схема самонастройки представлена на рисунке 3.2.8.

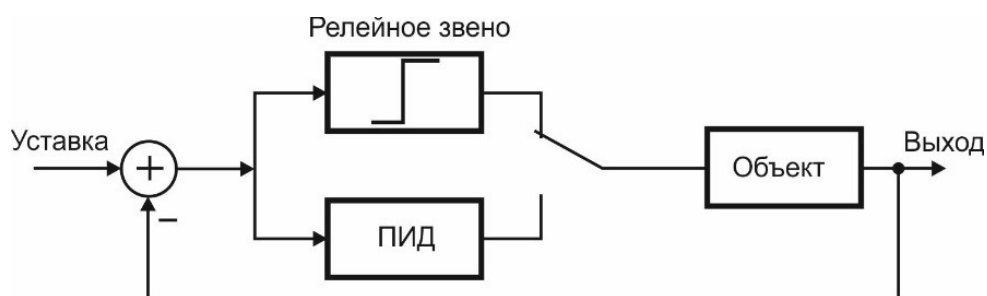


Рисунок 3.2.8 - Структурная схема самонастройки на основе релейной обратной связи

Комплексную частотную характеристику $G(j\omega)$ графически изображают в виде годографа (диаграммы Найквиста) – графика в координатах $\text{Re}[G(j\omega)]$ и $\text{Im}[G(j\omega)]$.

Принципиальная схема колебаний системы без гистерезиса представлен

на рисунках 3.2.9 (годограф КЧХ разомкнутой системы $G(j\omega)$).

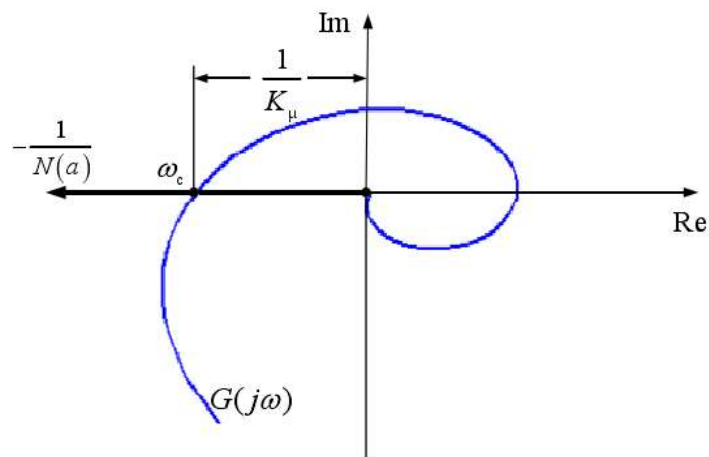


Рисунок 3.2.9-принципиальная схема колебаний системы без гистерезиса

На рисунке 3.2.10 представлены графики входных и выходных сигналов системы с релейной обратной связью. Выходной сигнал $T(t)$ представляет собой кривую по форме близкую к синусоиде, которая имеет фазовый сдвиг относительно входного сигнала $u(t)$ равный π . Форма выходного сигнала объясняется тем, что объект является мощным фильтром, существенно ослабляющим высшие гармоники. По сути, на выходе объекта наблюдается первая гармоника от последовательности прямоугольных импульсов на входе.

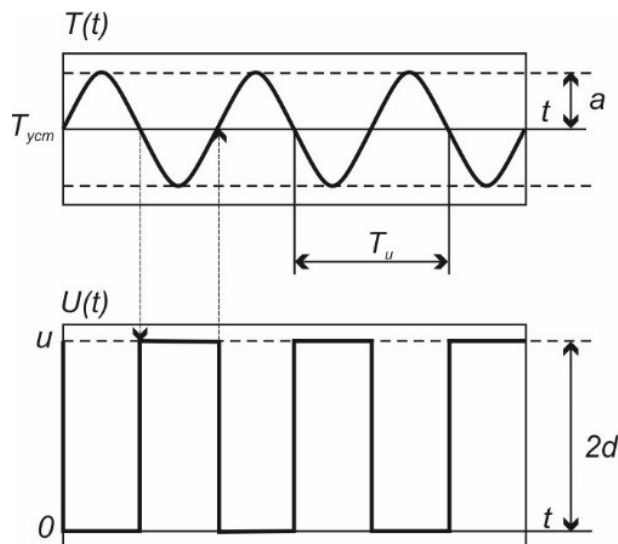


Рисунок 3.2.10 – Диаграмма входных и выходных сигналов объекта с релейной обратной связи

Период установившихся колебаний T_u определяется непосредственно по графику, коэффициент передачи K_u определяется следующим образом.

Если размах прямоугольных импульсов на входе объекта равен $2d$, то амплитуда первой гармоники этих импульсов равна $4d/\pi$. Если обозначить амплитуду первой гармоники выходного сигнала через a , то искомый коэффициент передачи системы будет равен отношению амплитуды на выходе к амплитуде на входе

$$K_{180} = \frac{\pi a}{4d}.$$

Чтобы вывести систему на границу устойчивости необходимо чтобы коэффициент петлевого усиления был равен 1. Это означает, что необходим дополнительный коэффициент K_u , равный

$$K_u = \frac{1}{K_{180}} = \frac{4d}{\pi a}.$$

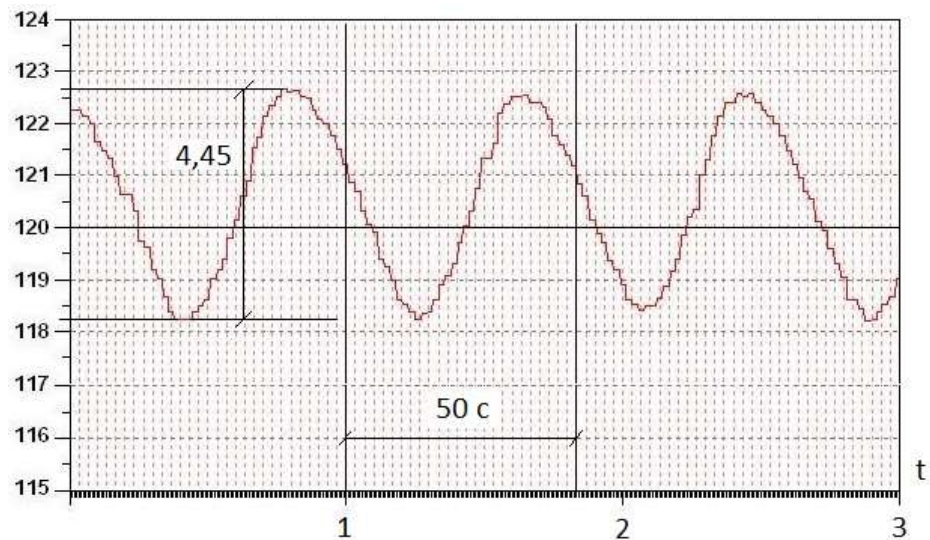


Рисунок 3.2.12 – Автоколебания в реальной системе при релейном изменении входного сигнала

На рисунке 3.2.13 представлена блок-схема моделирования системы с ПИД регулятором на основе реле обратной связи.

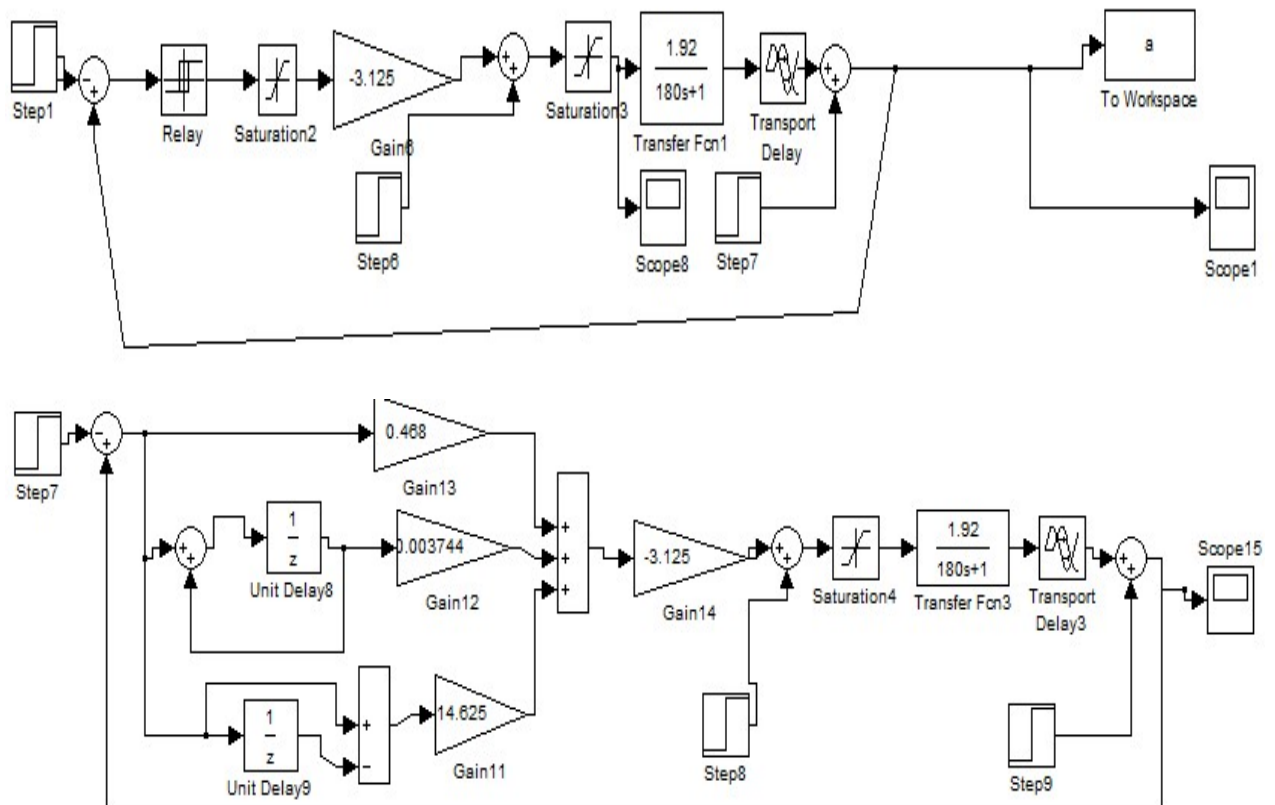


Рисунок 3.2.13 блок-схема моделирования системы с ПИД регулятором на основе реле обратной связи

По графику 3.2.14 определяем период колебаний $T_u \approx 50$ и рассчитываем коэффициент передачи на границе устойчивости $K_u = 7,1566$.

Значения параметров регулятора рассчитываются по формулам, приведенным в таблице 3.2.4, результаты вычислений приведены в таблице 3.2.5.

Таблица 3.2.4 – Выражения для коэффициентов регулятора

	K	K_i	K_d
ПИ-регулятор	$0,45 * K_u$	$0,54 * K_u / T_u$	
ПИД-регулятор	$0,6 * K_u$	$1,2 * K_u / T_u$	$0,075 * K_u * T_u$

Таблица 3.2.5 – Расчетные значения коэффициентов регулятора

	K	K_i	K_d
ПИ-регулятор (без гистерезиса)	3,22	0,07729	
ПИД-регулятор (без гистерезиса)	4,3	0,1717	57,5

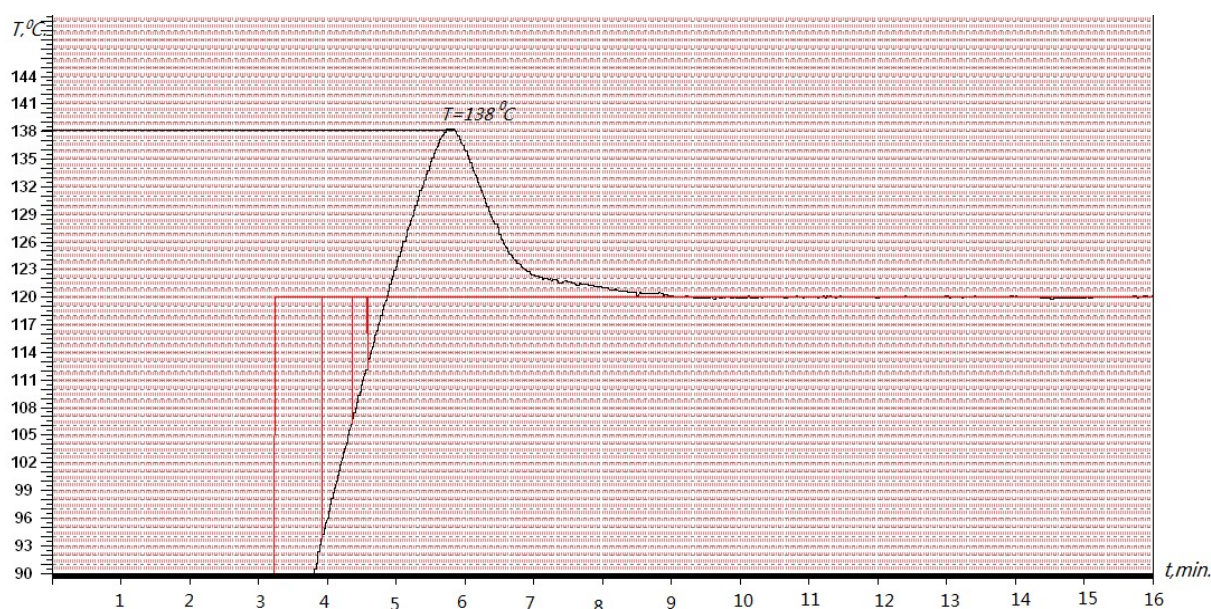


Рисунок 3.2.16 - Переходный процесс в системе с ПИ-регулятором на основе реле обратной связи без гистерезиса

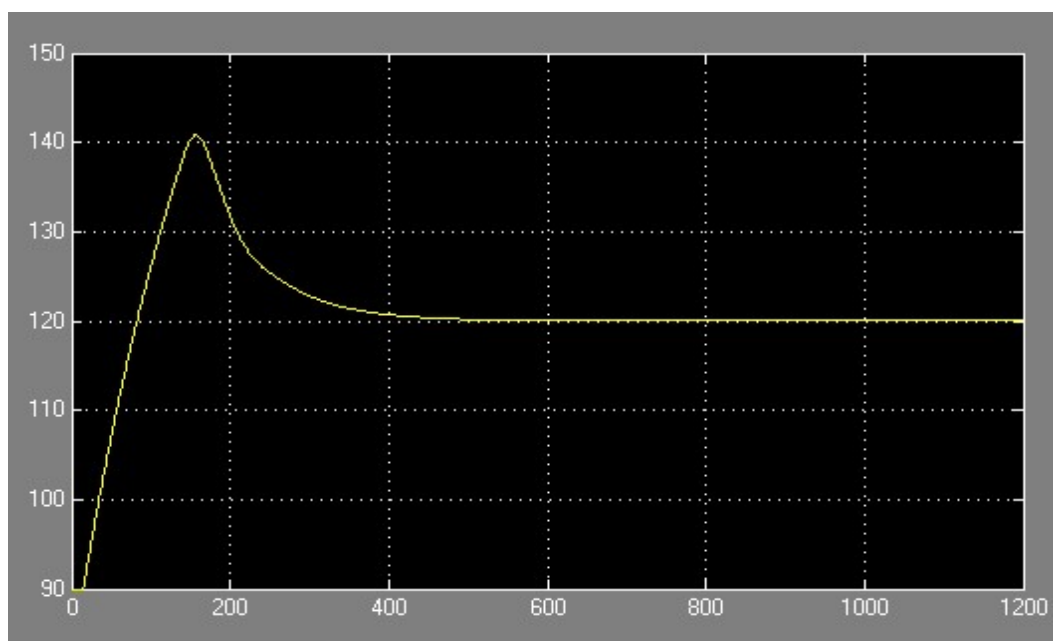


рисунок 3.2.17-проходный процесс в SIMULINK с ПИ-регулятором на основе реле обратной связи без гистерезиса

Из рисунка 3.2.16 и рисунка 3.2.17 видно, с использованием ПИ-регулятора, коэффициенты которого получены с помощью метода самонастройки на основе релейной обратной связи система даёт достаточно хорошие качественные результаты. Перерегулирование составляет 15%. Время

регулирования 330 сек. Статическая ошибка составляет 0.

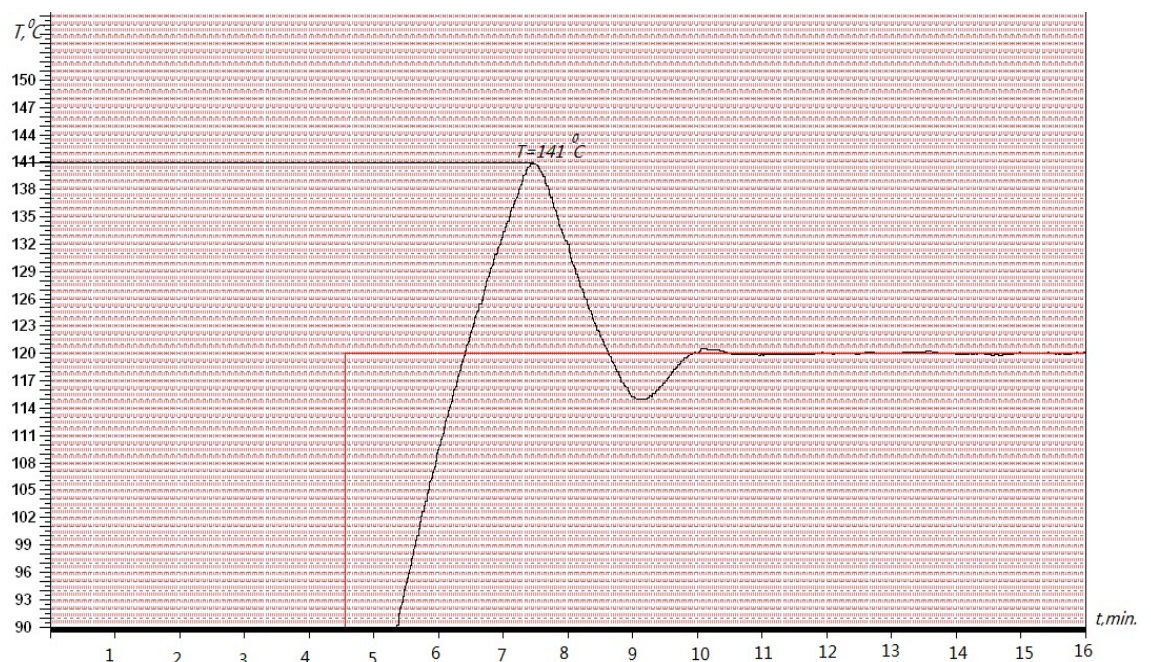


рисунок 3.2.18 - Переходный процесс в системе с ПИД-регулятором на основе реле обратной связи без гистерезиса

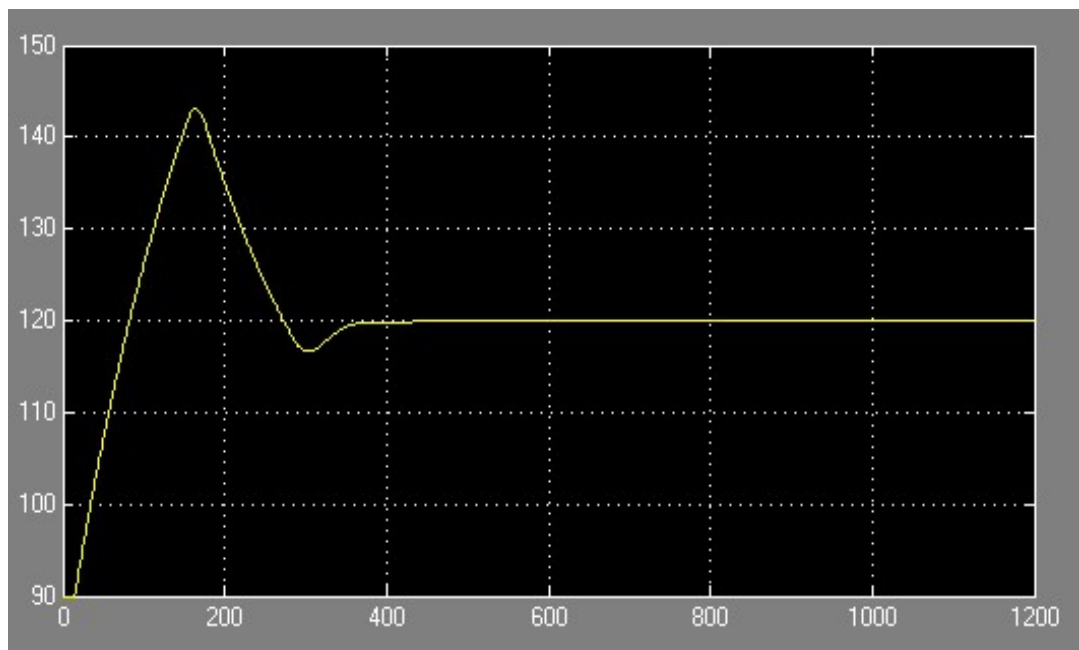


рисунок 3.2.19-проходный процесс в SIMULINK с ПИД-регулятором на основе реле обратной связи без гистерезиса

Из рисунка 3.2.18 и 3.2.19 видно, с использованием ПИД-регулятора,

коэффициенты которого получены с помощью метода самонастройки на основе релейной обратной связи система даёт достаточно хорошие качественные результаты. Перерегулирование составляет 16,7%. Время регулирования 420 сек. Статическая ошибка составляет 0.

Метод настройки параметров ПИД-регулятора на основе регулятора с внутренней моделью (ИМС).

Структурная схема системы на основе регулятора с внутренней модели представлена на рисунке 3.2.22, преобразование системы представлено на рисунке 3.2.23.

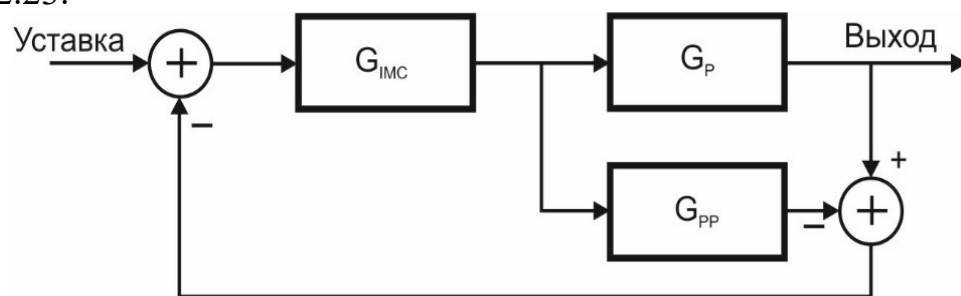


Рисунок 3.2.22 Регулятор с внутренней моделью в составе замкнутой системы

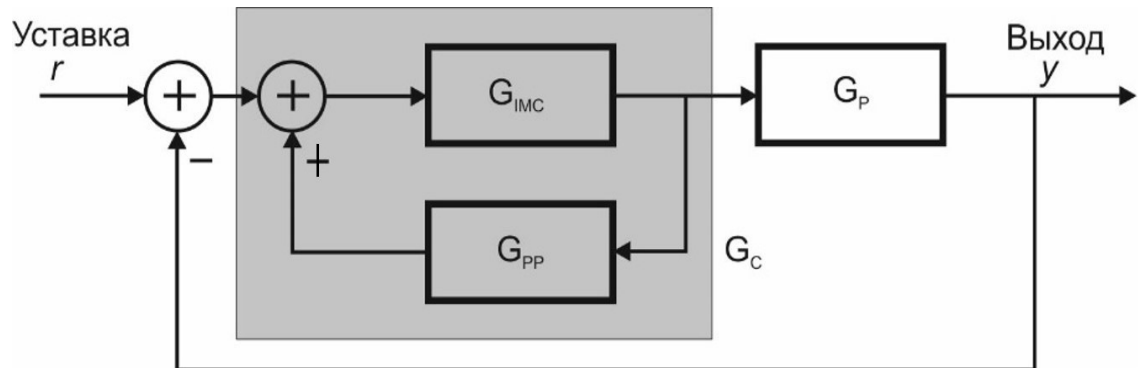


Рисунок 3.2.23 Регулятор с внутренней моделью в классической форме представления в составе замкнутой системы

Передаточная функция по возмущающему воздействию:

$$Y(s) = G_d(s)[1 - G_{IMC}(s)G_p(s)] = G_d(s)[1 - G_{IMC}(s)G_{pp}] = 0$$

Передаточная функция по задающему воздействию:

$$Y(s) = G_{pp}(s)G_{IMC}(s)R(s) = R(s)$$

Где: $G_{IMC}(s) = \frac{1}{G_{pp}(s)}$.

С помощью передаточной функции и передаточной функции видно структура регулятора с внутренней моделью обеспечивает высокую помехозащищенность и хороший эффект отслеживания задающего воздействия.

Передаточная функция $G_c(s)$:

$$G_c(s) = \frac{G_{IMC}(s)}{1 - G_{IMC}(s)G_{pp}(s)} \quad (3.2.1)$$

Если математическая модель объекта управления точная $G_{pp}(s) = G_p(s)$, тогда

$$\frac{Y(s)}{r(s)} = \frac{G_c(s)G_p(s)}{1 + G_c(s)G_p(s)} \quad (3.2.2)$$

где: $G_{IMC}(s)$ - регулятор с внутренней моделью;

$G_p(s)$ - объект управление;

$G_{pp}(s)$ - математическая модель объекта управления;

Заменим задержку $e^{-\tau*s}$ Паде – аппроксимацией первого порядка

$$e^{-\tau*s} \approx \frac{1 - \frac{\tau*s}{2}}{1 + \frac{\tau*s}{2}} \quad (3.2.4)$$

и поставить формулу (5) в формулу (2):

$$G_p(s) = \frac{K}{Ts + 1} * \frac{1 - \frac{\tau*s}{2}}{1 + \frac{\tau*s}{2}} \quad (3.2.5)$$

Представим (6) в следующем виде

$$G_p(s) = G_{M+}(s) * G_{M-}(s) \quad (3.2.6)$$

Где: $G_{M-}(s)$ - минимальная фазовая часть объекта

$$G_{M-}(s) = \frac{K}{Ts + 1} * \frac{1}{1 + \frac{\tau*s}{2}} \quad (3.2.7)$$

$G_{M+}(s)$ – часть объекта с положительным корнем

$$G_{M+}(s) = 1 - \tau * \frac{S}{2} \quad (3.2.8)$$

Тогда конструкция регулятора ИМС будет выглядеть следующим образом:

$$G_{IMC}(s) = \frac{F(s)}{G_{M-}(s)} \quad (3.2.9)$$

где $F(s) = \frac{1}{(\lambda s + 1)^\gamma}$ - фильтр нижних частот, λ параметр фильтра,

выбираемый экспериментально.

Перейдём к традиционной схеме ПИД-регулятора (рисунок 1), из которой следует, что

$$K_p \left(1 + \frac{1}{T_i S} + T_d * s \right) = G_c(s) = \frac{G_{IMC}(s)}{1 - G_{IMC}(s)G_{pp}(s)} \quad (3.2.10)$$

Приведём правую часть выражения (9) к виду левой части

$$K_p = \frac{T + \frac{\tau}{2}}{k_m(\lambda + \frac{\tau}{2})};$$

$$T_i = T + \frac{\tau}{2};$$

$$T_D = \frac{T * \tau}{2(T + \frac{\tau}{2})}.$$

На рисунке 3.2.24 представлен переходный процесс для $\lambda = 30$, при этом значении постоянной фильтра $K_p = 2,6$, $T_i = 187,5$, $T_D = 1,065$.

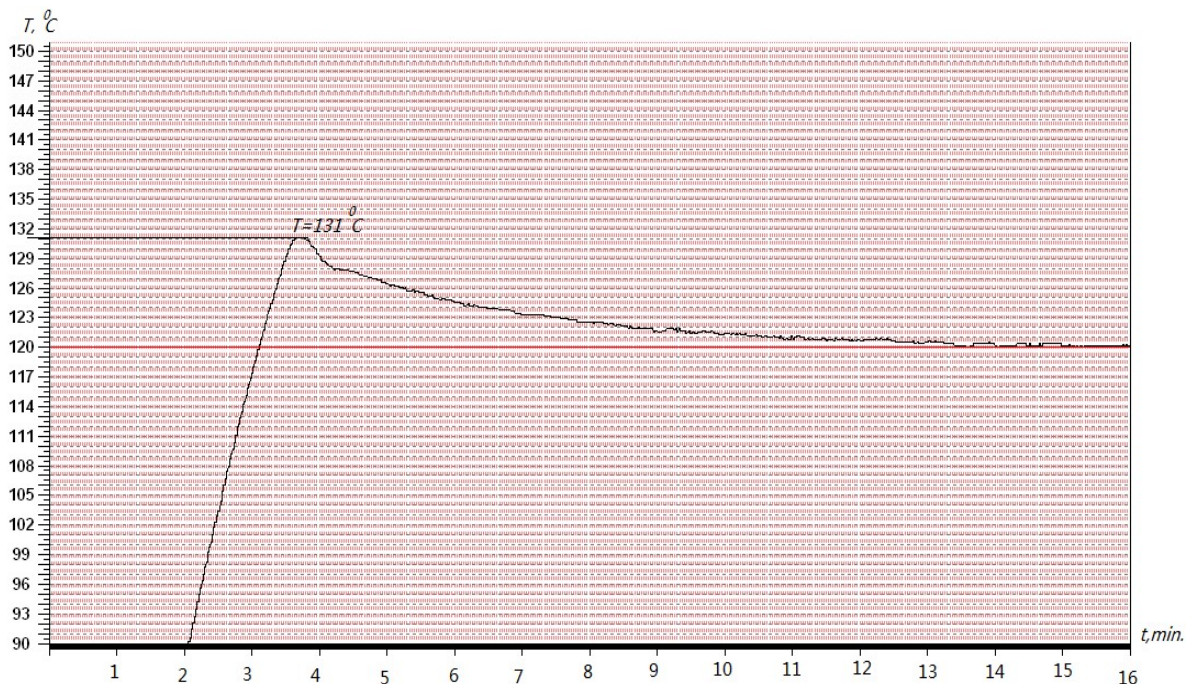


Рисунок 3.2.24- Переходные процессы на реальном объекте в системе с ПИД-регулятором, коэффициенты которого получены на основе регулятора с внутренней моделью

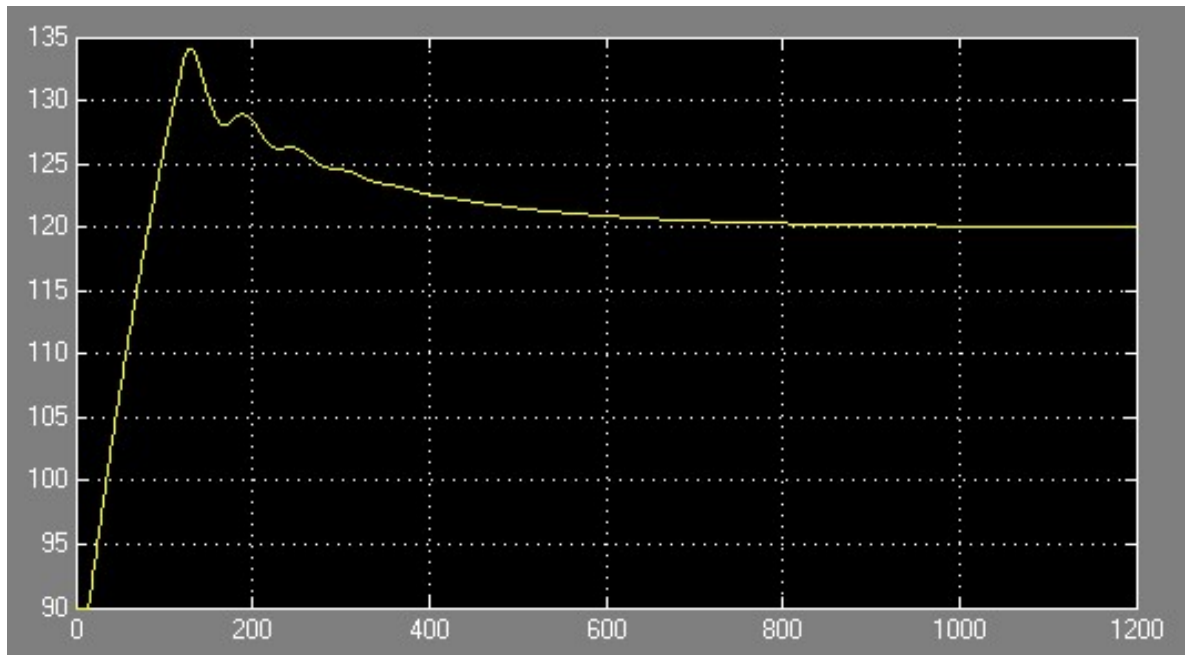


Рисунок 3.2. 25 Переходные процессы в SIMULINK с ПИД-регулятором, коэффициенты которого получены на основе регулятора с внутренней моделью

Как видно из рисунка 3.2.24, ПИД-регулятор, коэффициенты которого получены на основе внутренней модели, даёт достаточно хороший результат. Перерегулирование составляет 12,5%. Время регулирования 800 сек. Статическая ошибка равно 0.

Метод настройки параметров ПИД-регулятора на основе амплитудно-фазового запаса

Представим выражение для ПИД-регулятора в следующем виде

$$U(s) = K_p + K_i \frac{1}{s} + K_d * s = k * \left(\frac{A * s^2 + B * s + C}{s} \right),$$

Где: $A = \frac{K_d}{k}$, $B = \frac{K_p}{k}$, $C = K_i/k$.

Необходимо выбрать такие значения А, В, С, чтобы компенсировать отрицательный полюс в W (s)

$$A=0; B=T/k_m; C=1/k_m$$

В результате получим

$$W(s)U(s) = k * e^{-\tau*s}/s \quad (3.2.5.1)$$

Значение k зависит от амплитудно-фазового запаса.

На рисунке 3.2.26 представлен годограф Найквиста для разомкнутой систем с ПИД-регулятором

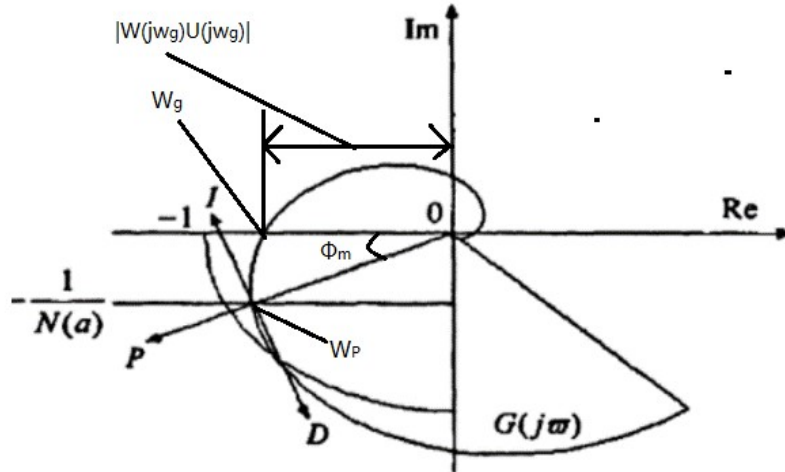


Рисунок 3.2.26 – годограф Найквиста для разомкнутой систем с ПИД-регулятором

Рассмотрим амплитудный запас A_m и фазовый запас Φ_m и соответствующие им частоты ω_g, ω_p соответственно

$$\arg[W(j\omega_g)G(j\omega_g)] = -\pi; \quad (3.2.5.2)$$

$$A_m |W(j\omega_g)G(j\omega_g)| = 1; \quad (3.2.5.3)$$

$$|W(j\omega_p)G(j\omega_p)| = 1; \quad (3.2.5.4)$$

$$\pi + \arg[W(j\omega_p)G(j\omega_p)] = \Phi_m \quad (3.2.5.5)$$

из уравнений (11) - (14) следует

$$\omega_g \tau = \frac{\pi}{2};$$

$$A_m = \frac{\omega_g}{k};$$

$$k = \omega_p;$$

$$\Phi_m = \frac{\pi}{2} - \omega_p \tau;$$

$$\Phi_m = \frac{\pi}{2} \left(1 - \frac{1}{A_m}\right)$$

Обычно рекомендуемый запас по амплитуде $2 \sim 5$, а запас по фазе в

диапазоне, $30 \sim 60$. Примем $A_m=3$, а $\phi_m=60^\circ$. Из простых вычислений получим

$$k = \frac{\pi}{2 \cdot A_m \cdot \tau} = \frac{\pi}{6\tau}$$

и соответствующие заданным значениям A_m и ϕ_m параметры ПИД-регулятора

$$K_P = \frac{\pi}{6\tau} * T; \quad K_i = \frac{\pi}{6\tau}; \quad K_d = 0.$$

Численные значения коэффициентов

$$K_P = 3,27, \quad K_i = 0,018 (Ti = 181,6), \quad K_d = 0.$$

На рисунке 3.2.5.1 представлен переходный процесс для объекта с ПИД-регулятором, коэффициенты которого получены на основе амплитудно-фазового запаса.

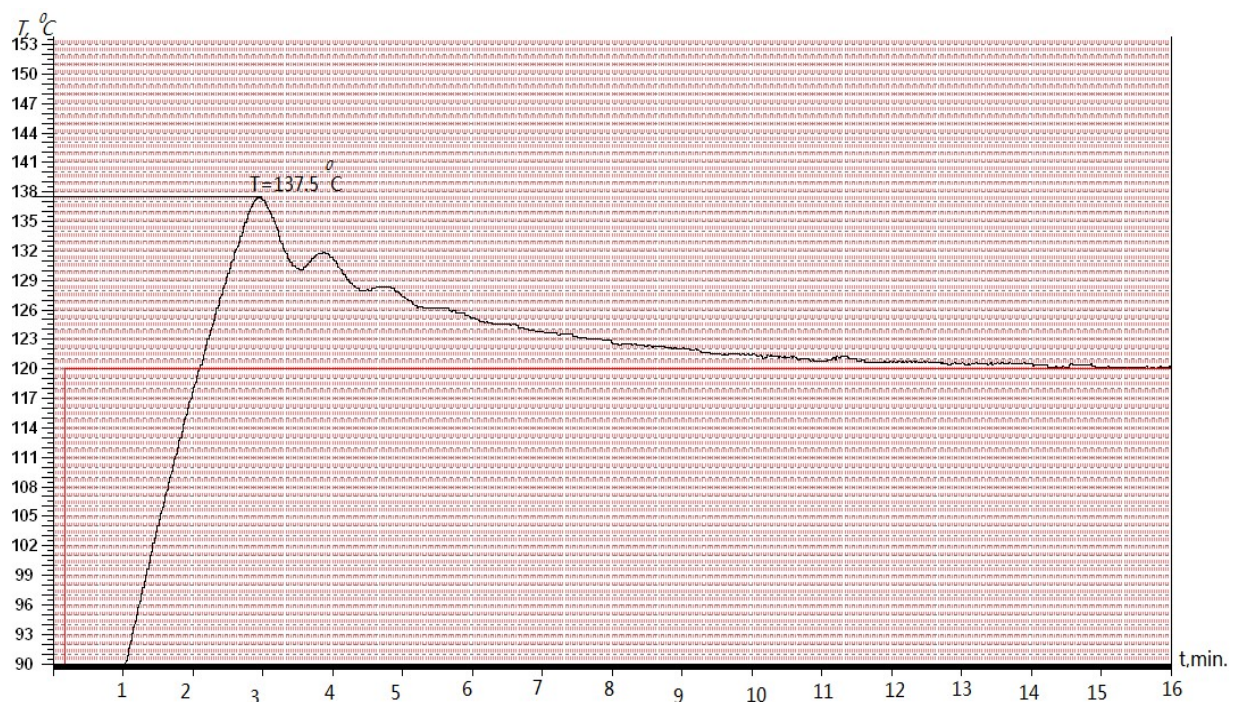


Рисунок 3.2.25 - Переходные процессы в системе с ПИД-регулятором на основе амплитудно-фазового запаса

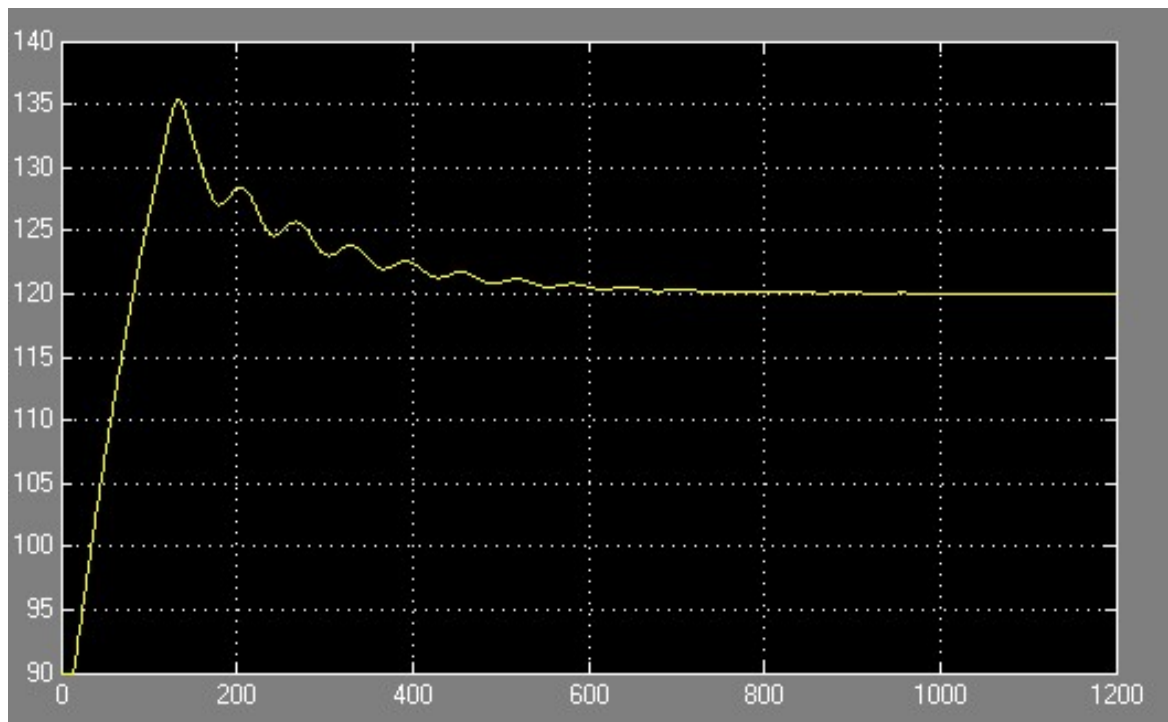


Рисунок 3.2.26 - Переходные процессы в SIMULINK с ПИД-регулятором на основе амплитудно-фазового запаса

Из рисунка следует, что для ПИД-регулятора коэффициенты которого получены с использованием метода на основе амплитудно-фазового запаса даёт также хороший результат. Перерегулирование составляет 14,16%. Время регулирования 600 сек. Статическая ошибка равно 0.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения выпускной квалификационной работы проведены исследования теплового объекта, выполненного на базе эмулятора печи ЭП10 компании Овен. Для отвода тепла от объекта используется вентилятор, который приводится в действие трёхфазным асинхронным двигателем, управляемый преобразователем частоты ПЧВ. Регулирование температуры объекта выполняется регулированием частоты вращения вентилятора. Были рассмотрены несколько методов для настройки промышленного регулятора.

При выполнении ВКР решены следующие задачи:

- по переходной характеристике проведена идентификация объекта;
- на основании полученных характеристик объекта выполнен расчет коэффициентов регулятора следующими методами:
 - Циглера – Никольса;
 - на основе генетического алгоритма;
 - самонастройки ПИД-регулятора на основе релейной обратной связи;
 - на основе регулятора с внутренней моделью (ИМС);
 - на основе амплитудно-фазового запаса;
- проведены испытания на реальном объекте.

Основным выводом следует считать:

- полученные методом Циглера-Никольса коэффициенты настройки регуляторов не обеспечивают приемлемого качества регулирования (перерегулирования и времени регулирования), переводя объект практически в колебательный режим;
- ПИД-регулятор, коэффициенты которого вычислены на основе генетического алгоритма, даёт достаточно хорошие результаты, обеспечивает устойчивость системе, перерегулирование составляет 16,7%, время регулирования - 400 сек.;

- ПИД-регулятор, коэффициенты которого получены с помощью метода самонастройки на основе релейной обратной связи, обеспечивает также неплохие качественные результаты, перерегулирование составляет 16,7%, время регулирования 420 сек., статическая ошибка - 0.
- ПИД-регулятор, коэффициенты которого получены на основе внутренней модели, даёт наилучшие результаты из всех исследованных методов настройки по перерегулированию (12,5%), но при этом увеличивается время регулирования (800 сек.), статическая ошибка равна 0.
- метод на основе регулятора с внутренней моделью основанный на анализе передаточной функции объекта, без каких-либо экспериментов. В сравнении с методом Циглера-Никольса, который, в частности, предполагает вывод системы на границу устойчивости, этот метод не требует этого.
- ПИД-регулятор, коэффициенты которого получены с использованием метода на основе амплитудно-фазового запаса, даёт также хороший результат, перерегулирование составляет 14,16%, время регулирования 600 сек., статическая ошибка равно 0.

Особо стоит отметить, что все исследованные способы дают приблизительно одинаковые коэффициенты настройки регуляторов. Все физические эксперименты подтверждены математическим моделированием.

Использование того или иного способа настройки зависит от предпочтений пользователя, но все исследованные способы потребуют последующей ручной коррекции коэффициентов с целью повышения качества регулирования.

Conclusion

In this paper a thermal plant was studied, which was based on emulator oven EP10 of the company Aries

For removing the heat from the plant, a fan which is based on an asynchronous motor, controlled by a converter frequency is used. The temperature of the plant is controlled by controlling the speed of the fan. Several methods are researched for tuning industrial controllers.

The following tasks had been accomplished in the paper:

- the identification of the object was carried out according to the transient characteristic;
- Based on the obtained characteristics of the object, the calculation of the controller parameters is carried out by the following methods:
 - Ziegler - Nichols;
 - method based on the genetic algorithm;
 - self-tuning of the PID-controller based on relay feedback;
 - method based on the internal model controller (IMC);
 - method on the basis of the amplitude-phase margin;
- tests were carried out on a real plant.

The main conclusions are:

The parameters for tuning controller obtained by the Ziegler-Nichols method do not provide an acceptable result, makes the plant into oscillating mode;

- The PID controller, the parameters of which are calculated on the basis of the genetic algorithm, gives quite good results, provides stability to the system, overshoot is 16.7%, the control time is 400 seconds;

- PID controller, the parameters of which are obtained using the self-tuning method based on relay feedback, also provides good qualitative results, overshoot is 16.7%, the control time is 420 s, the static error is 0.

- PID controller, the parameters of which are obtained on the basis of the internal model controller, gives the best results from all the tuning methods for overshoot (12.5%), but at the same time the control time (800 s) is increased, the static error is

0.

- Method, the parameters of which are obtained on the basis of the internal model controller based on an analysis of the plant's transfer function, without any experiments. In comparison with the Ziegler-Nichols method, which, in particular, suggests the system to the stability boundary, this method does not require this.

-PID controller, the parameters of which are obtained on the basis of the amplitude-phase margin, also gives a good result, the overshoot is 14.16%, the control time is 600 s, the static error is 0.

Especially, it is worth noting that all the methods give approximately the same parameters of tuning PID-controller. All physical experiments are confirmed by mathematical modeling.

The using of all methods for tuning controller depends on the user's preferences, but all the methods still require subsequent manual correction of the parameters in order to improve the quality of regulation.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

ПЛК (программируемые логические контроллеры)— важный элемент системы автоматизации на промышленном предприятии. ПЛК необходимы для автоматического управления объектом в условиях реального времени. К каналам ввода-вывода PLC подключают внешние модули, позволяющие собирать и анализировать данные, контролировать работу объекта. К некоторым программируемым логическим контроллерам также можно подключить дисплей, мышь и клавиатуру.

В настоящее время на Российском рынке преобладают контроллеры иностранных фирм: Siemens, Mitsubishi, ABB, Schneider Electric, GE Fanuc, однако с течением времени увеличивается доля рынка, занятая отечественной продукцией Российских фирм (НИЛ АП, Текон, Фаствел, ДЭП, Овен, Элемер, Эмикон и др.), что соответствует общемировой тенденции, когда в большинстве стран отечественные фирмы занимают большую долю рынка, чем иностранные.

5.1 Предпроектный анализ

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Исследуется рынок программируемых логических контроллеров, которые применяются в той или иной области производства. Для рассмотрения были взяты две модели контроллеров:

1. ОВЕН ПЛК100
2. ICP DAS

Рассмотренные области:

- Судостроения
- Пищевая промышленность

- Машиностроение

Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга).

Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга).

		Размер системы АСУТП		
		Крупные	Средние	Малые
<i>Потребители</i>	Судостроения			
	Пищевая промышленность			
	Машиностроение			

Рис. 5.1.1 Карта сегментирования рынка услуг по настройке

Обозначение:  контроллер ОВЕН ПЛК100;

 контроллер ICP DAS.

ОВЕН ПЛК100 – моноблочный контроллер с дискретными входами/выходами на борту для автоматизации малых систем.

ICP DAS предназначен для построения недорогих систем управления.

Потенциальными потребителями разработки могут являться как организации, которые производят ленточные транспортеры и теплообменники, так и производства, которые занимаются технической диагностикой оборудования. Целевым рынком являются компании, занимающиеся производством и продажей контроллеров.

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Оценочная карта конкурентных технических решений (разработок) в данной отрасли по фирмам Элемер и Теплоприбор представлены в таблице

5.1.2.1.

Критерии оценки	Вес критерии	Баллы		Конкурентоспособность	
		Бф	Бк1	Кф	Кк1
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Повышение производительности труда	0,09	5	4	0,45	0,36
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,07	5	5	0,35	0,35
3. Помехоустойчивость	0,09	5	4	0,45	0,36
4. Энергоэкономичность	0,01	4	4	0,04	0,04
5. Надежность	0,03	5	5	0,15	0,15
6. Уровень шума	0,07	5	5	0,35	0,35
7. Безопасность	0,07	5	3	0,35	0,21
8. Потребность в ресурсах памяти	0,01	4	4	0,04	0,04
9.Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,02	4	4	0,08	0,08
10. Простота эксплуатации	0,04	5	4	0,2	0,16
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,04	5	5	0,2	0,2
12. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,07	5	5	0,35	0,35
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Конкурентоспособность продукта	0,1	5	5	0,5	0,5
2. Уровень проникновения на рынок	0,07	5	5	0,35	0,35
3. Цена	0,07	4	4	0,28	0,28
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,04	5	5	0,2	0,2
5. Послепродажное обслуживание	0,025	5	5	0,125	0,125
6. Финансирование научной разработки	0,05	5	5	0,25	0,25
7. Срок выхода на рынок	0,015	5	5	0,075	0,075
8. Наличие сертификации разработки	0,02	5	5	0,1	0,1
Итого	1			4,87	4,47

В оценочной карте для сравнения конкурентных технических решений (разработок), обозначения Бф и Кф это ОВЕН ПЛК100; Бк1 и Кк1 это ICP DAS.

Исходя из расчётов, сделанных выше, можно сделать вывод, что разработка имеет высокий уровень конкурентоспособности.

Позиции конкурентов особенно уязвимы в степени проникновения на рынок. Кроме того, уязвимостью является предполагаемый срок эксплуатации разработки. Конкурентное преимущество устройства в функциональной мощности, сроке выхода на рынок и конкурентоспособности.

5.1.3 Fast - анализ

В качестве объекта FAST - анализа выступает регулятор с предиктором Смита для объектов с запаздыванием.

Описание главных, основных и вспомогательных функций, выполняемых объектом приведено в таблице 5.1.3.1.

Таблица 5.1.3.1 – Классификация функций, выполняемых объектом исследования.

Наименование детали	Количество деталей	Выполняемая функция	Ранг функции		
			Главная	Основная	Вспомогательная
Блок питания	1	Предоставление питания			X
Преобразователь	1	Измерение толщины стенки трубы	X		
Усилитель мощности	1	Усиление мощности сигнала		X	
Микро-контроллер	1	Обработка данных измерения		X	
ЖКИ и клавиатура	2	Ввод и вывод информации			X

На первом этапе необходимо построить матрицу смежности функции (табл. 5.1.3.2).

Таблица 5.1.3.2 – Матрица смежности функций.

	Предоставление питания	Измерение толщины стенки трубы	Усиление мощности сигнала	Обработка данных измерения	Ввод и вывод информации
Предоставление питания	=	<	<	<	<

Измерение толщины	>	=	>	>	>
Усиление мощности сигнала	>	<	=	<	>
Обработка данных измерения	>	<	>	=	>
Ввод и вывод информации	>	<	<	<	=

Далее происходит определение значимости функции путем деления балла, полученного по каждой функции, на общую сумму баллов по всем функциям (табл. 5.1.3.3).

Таблица 5.1.3.3 – Значимость функции.

Функция	Балл	Значимость функции
Предоставления питания для блока сбора данных и усилителя мощности	3	0,122
Измерение толщины стенки трубы	7	0,286
Генерация сигнала и сбор данных	5	0,204
Обработка данных измерения	6	0,244
Усиление мощности сигнала	3,5	0,144

Задача данной стадии заключается в том, что с помощью специальных методов оценить уровень затрат на выполнение каждой функции. Сделать это возможно с помощью применения нормативного метода. Расчет стоимости функций приведен в таблице 5.1.3.4.

Таблица 5.1.3.4 – Расчет стоимости функций

Наименование детали (узла, процесс)	Количество деталей на узел	Выполняемая функция	Норма расхода, кг	Трудоёмкость детали, нормо-ч	Стоимость материала, руб.	Заработная плата, руб.	Себестоимость, руб.
Блок питания	1	Предоставления питания		-	-	-	250
Преобразователь	1	Измерение толщины трубы	0,5	-	-	-	350
Усилитель мощности	1	Усиление мощности сигнала		-	-	-	200
Микро-		Обработка					

контроллер	1	данных измерения		-	-	-	300
ЖКИ и клавиатура	2	Ввод и вывод информации		-	-	-	500

При помощи вышеуказанных таблиц и построенная функционально-стоимостная диаграмма позволяет выявить диспропорции между важностью функций и затратами на них.

5.1.4 Диаграмма Исикавы

Рассмотрим диаграмму Исикавы на примере анализа причин брака изделия. Показаны взаимодействия шести возмущающих факторов, которые приводит к браку изделия. Такие факторы как: материалы (примеси, влажность, доставка), комплектующие (точность, на контроль действует приемка, на хранение действует температура и влажность), условия труда (рабочее место, воздушная среда, культура производства), оборудование (возраст станка, обслуживание, точность), труд исполнителя (квалификация, дисциплина, опыт), технология (средства измерения, инструмент, технологическая дисциплина, наличие и качество оснастки).

В данном случае в качестве следствия (проблемы) выступает производственный брак. Связи основных этапов:

- ✓ Определение всех причин и факторов, которые оказывают влияние на интересующий результат;
- ✓ Систематизация этих факторов и причин по причинно-следственным и смысловым разделам;
- ✓ Оценка и приоритизация факторов и причин внутри разделов;
- ✓ Анализ полученной структуры;
- ✓ Выявление и отсечение факторов и причин, повлиять на которые невозможно;
- ✓ Опускание малозначимых причин и факторов.

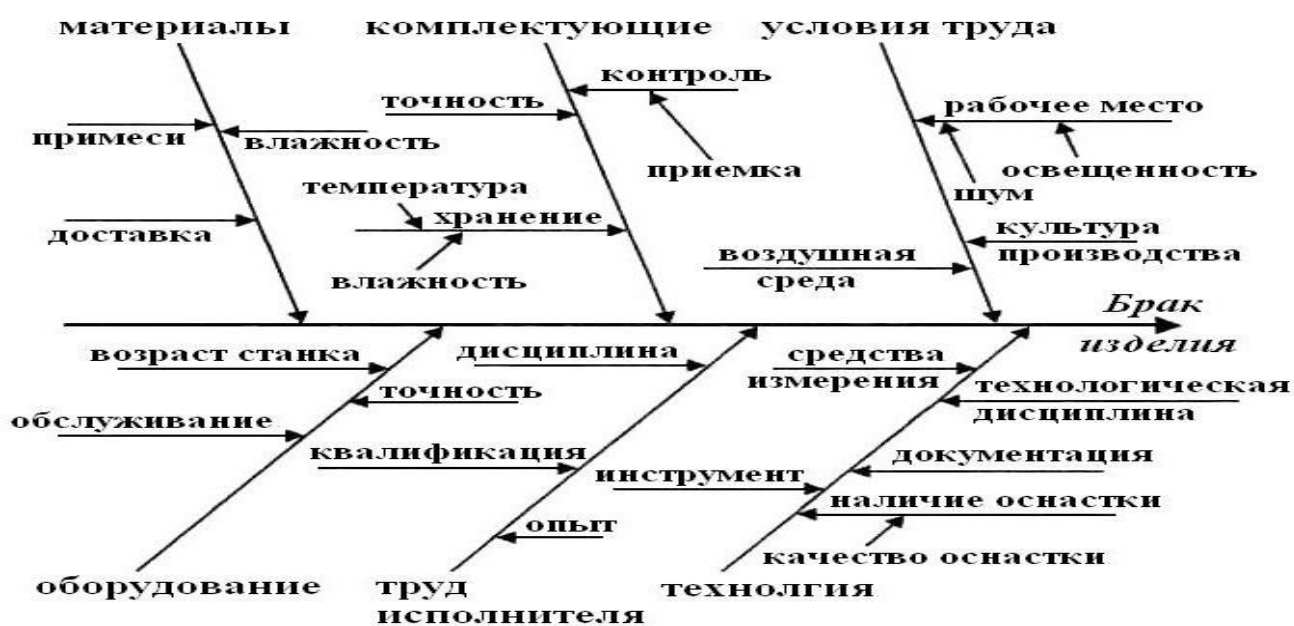


Рисунок 5.1.4.1 – принцип метода диаграммы Исикавы

Диаграмма Исикавы может быть использована, прежде всего, при управлении качеством продукции. Помимо этого, она может применяться при проектировании новых товаров, модернизации производственных процессов и в других случаях. Она может строиться и одним человеком, и группой лиц по предварительному обсуждению.

5.1.5 SWOT-анализ

В рамках третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая приводится в данной работе.

Таблица 5.1.5.1 – SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей).</p> <p>С2. Функциональная мощность (предоставляемые возможности).</p> <p>С3. Конкурентоспособность продукта.</p> <p>С4. Срок выхода на рынок.</p> <p>С5. Высоко квалифицированный научный труд.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки.</p> <p>Сл2. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров.</p> <p>Сл3. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания ПО.</p> <p>Сл4. Уровень</p>
--	---	--

		проникновения на рынок. Сл5. Большой срок поставок плат, используемых для проведения научного исследования.
Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ для быстрого внедрения ПО на рынок. В2. Использование развитой международной инфраструктуры для более быстрой доставки плат. В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт. В4. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследованиях. В5. Повышение стоимости конкурентных разработок.	Использование инновационной структуры ТПУ позволит повысить конкурентоспособность ПО и ускорить выход на рынок. Так же использование развитой международной инфраструктуры поможет ускорить выход ПО на рынок. Возможно появление дополнительного спроса на новый продукт благодаря использованию высоко квалифицированного научного труда. Благодаря снижению таможенных пошлин на платы возможно повышение конкурентоспособности ПО.	Появление дополнительного спроса на новый продукт может привести к отсутствию у потенциальных потребителей квалифицированных кадров. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследованиях может привести к увеличению срока поставки плат, используемых для проведения научного исследования.
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства. У2. Развитая конкуренция производителей ПО. У3. Ограничения памяти регулятора и контроллера. У4. Ограничения регулятора и контроллера.	Отсутствие спроса на новые технологии производства может замедлить срок выхода ПО на рынок и понизить квалификацию научного труда. Развитая конкуренция производителей ПО может привести к снижению конкурентоспособности продукта. Ограничения памяти платы ICP DAS. и высокая стоимость оборудования и плат требует более высоко квалифицированный научный труд и затягивает срок выхода на рынок.	Отсутствие спроса на новые технологии производства и высокая стоимость оборудования и плат может привести к отсутствию прототипа научной разработки, отсутствию потенциальных потребителей, необходимого оборудования для проведения испытания ПО, ухудшить уровень проникновения на рынок и увеличить сроки поставки плат. Выпуск более новых чипов для ICP DAS. может способствовать к отсутствию необходимого оборудования для проведения испытания ПО.

Для осуществления базового варианта SWOT-анализа выбрали основные параметры, влияющие на развитие ситуации и/или успешность организации на рынке. Приоритетом служат ключевые факторы успеха.

Рассмотрели также основные возможности и угрозы, которые могут повлиять на компанию или рассматриваемую ситуацию. Провели оценку возможностей и угроз по вероятности их наступления и степени влияния на рассматриваемую ситуацию.

5.2 Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта.

Таблица 5.2.1 Цели и результат проекта

Цели проекта:	Цель работы: произвести настройку контура регулирования, которая включает в себя идентификацию объекта управления, т.е. получение его основных динамических характеристик, расчет параметров типового промышленного регулятора с использованием метода Циглера – Никольса.
Ожидаемые результаты проекта:	Система устойчивая
Критерии приемки результата проекта:	небольшое перерегулирование, время регулирования не более 1000 сек.
Требования к результату проекта:	использование несколько разных методов, система устойчивая

В таблице.5.2.1 представлена информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей. Описаны ожидаемые результаты проекта и критерии приемки результата проекта и требования. Цели проекта также включает цели в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

5.2.2 Организационная структура проекта.

На данном этапе работы необходимо решить следующие вопросы: кто будет входить в рабочую группу данного проекта, определить роль каждого участника в данном проекте, а также прописать функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте. Эту информацию представить в табличной форме (табл.5.2.2).

Таблица 5.2.2 Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудоз атраты, час.
1	Курганов В.В.	Руководитель проекта	отвечает за реализацию проекта в пределах заданных ограничений по ресурсам, координирует деятельность участников проекта.	1000
2	Лю Фан	Исполнитель по проекту	специалист, выполняющий отдельные работы по проекту.	300

В данном разделе составили перечень функции работ в рамках проведения научного исследования, провели распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в табл. 5.2.2.

5.3 Планирование управления научно-техническим проектом

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей. План управления научным проектом должен включать в себя следующие элементы.

5.3.1 План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный и сетевой графики проекта. Линейный график представляется в виде таблицы (табл. 5.3.1).

Таблица 5.3.1 Календарный план проект

Код работы (из ИСР)	название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1	Постановка целей и задач, получение исходных данных	30	01.02.2018	01.03.2018	Научный руководитель
2	Выбор направления исследований	30	01.03.2018	01.04.2018	Научный руководитель, инженер
3	Проектирование структуры ПО	30	01.04.2018	01.05.2018	Научный руководитель, инженер
4	формлиение отчета, но НИР (комплекта документации по ОКР)	15	01.05.2018	15.05.2018	Инженер

На основе таблицы 5.3.1 строится календарный план-график проекта. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта.

5.3.2 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

— материальные затраты НТИ;

- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

5.3.2.1 Расчет материальных затрат

В данном пункте рассчитывается стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта.

Материалы необходимые для выполнения данной работы и расчет материальных затрат представлены в табл. 5.3.2.1.1

Таблица 5.3.2.1.1 – Материальные затраты

Наименование материалов	Цена за ед., руб	количество	Сумма, руб.
Блокнот	40	2 шт.	80
Бумага для принтера формата А4	150	2 уп.	300
Ручка шариковая	10	4 шт.	40
карандаш	10	2 шт.	20
Стирательная резинка	5	2 шт.	10
итого			450

Итого сумма расходов составила 450 рублей. В результате полученной суммы можно сделать вывод, что расходы не превышают 500 рублей, что является весьма приемлемой суммой как для студента, так и для сотрудника.

5.3.4.1 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной

аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. Расчет затрат по данной статье заносится в табл. 5.3.4.1

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены. Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного НТИ и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений.

Все расчеты по приобретению спецоборудования и оборудования, имеющегося в организации, но используемого для каждого исполнения конкретной темы, сводятся в табл. 5.3.4.1

Таблица 5.3.4.1– Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

Наименование оборудования	Цена за ед., руб.	Количество	Сумма, руб.
компьютер	600	1 шт.	600
Плата	300	1 шт.	300
Затраты на доставку	90	1 шт.	90
Итого:			990

Расходы на приобретение спецоборудования для научных работ:

$$З_{\text{сб}} = 990 \text{ рублей.}$$

5.3.6 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от

тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в табл. 5.9.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$\text{Дневная з/плата} = \frac{\text{Месячный оклад}}{25,17 \text{ дней}} \quad (5.6)$$

Расчеты затрат на основную заработную плату приведены в таблице 5.9. При расчете учитывалось, что в году 302 рабочих дня и, следовательно, в месяце 25,17 рабочих дня. Затраты времени на выполнение работы по каждому исполнителю брались из таблицы 5.5. Также был принят во внимание коэффициент, учитывающий коэффициент по премиям $K_{\text{ПР}} = 0,3$ и районный коэффициент $K_{\text{РК}} = 0,3$ ($K = 1,3 * 1,3 = 1,69$).

Таблица 5.3.6.1 – Затраты на основную заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./день	Затраты времени, дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	23 264,86	936,97	9	1,69	14327,21
И	7 915	318,77	73	1,69	39536,09
Итого:					53863,3

Таким образом, затраты на основную заработную плату составили

$$З_{\text{осн}} = 53863,3 \text{ руб.}$$

5.3.7 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (5.7)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2014 г. в соответствии с Федеральным закона от 24.07.2009 №212-ФЗ

установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году, водится пониженная ставка – 30%*.

Отчисления во внебюджетные фонды рекомендуется представлять в табличной форме (табл. 5.3.7.1).

Таблица 5.3.7.1– Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
НР	14327,21	—
И	39536,09	—
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	$k_{\text{внеб}} = 30\%$	
Итого:	16158,99	

$$З_{\text{внеб}} = 30 \times 53863,3 = 16158,99$$

5.3.8 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 4) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (5.3.8)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

$$З_{\text{накл}} = (16158,99 + 53863,3 + 990 + 450) \cdot 0,16 = 11433,9664$$

5.4 Организационная структура проекта

5.4.1 План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта. план управления коммуникациями приведен в табл. 5.4.1.1

Таблица 5.4.1.1 - План управления коммуникациями

№ п/п	информация передается	передает информацию	передается информация	передает информацию
1	Статус проекта	Руководитель проекта	Представителю заказчика	Ежеквартально (первая декада квартала)
2	Обмен информацией о текущем состоянии проекта	Исполнитель проекта	Участникам проекта	Еженедельно (пятница)
3	Документы и информация по проекту	Ответственное лицо по направлению	Руководителю проекта	Не позже сроков графиков и к. точек
4	О выполнении контрольной точки	Исполнитель проекта	Руководителю проекта	Не позже дня контрольного события по плану управления

Исходя из таблицы 5.4.1 план управления коммуникациями включает в себя четыре этапа. В зависимости от потребностей проекта, план коммуникаций может быть более или менее формализован, детализирован или описан лишь в общем виде. План коммуникаций является составной частью плана проекта.

5.4.2 Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные

неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты. Информацию по данному разделу необходимо свести в таблицу (табл. 5.4.2).

Таблица 5.4.2 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	4	5
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	4	5
3. Помехоустойчивость	0,15	3	4
4. Энергосбережение	0,20	5	4
5. Надежность	0,25	5	5
6. Материалоемкость	0,15	4	4
ИТОГО	1		

$$I_{p-uch1} = 4*0,1 + 4*0,15 + 3*0,15 + 4*0,20 + 5*0,25 + 4*0,15 = 4,1;$$

$$I_{p-uch2} = 5*0,1 + 5*0,15 + 4*0,15 + 4*0,20 + 5*0,25 + 4*0,15 = 4,5;$$

5.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Результат расчета интегрального показателя ресурсоэффективности приведён в таблице 5.5.1.

Таблица 5.5.1– Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	4	5
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	4	5
3. Помехоустойчивость	0,15	3	4
4. Энергосбережение	0,20	5	4

5. Надежность	0,25	5	5
6. Материалоемкость	0,15	4	4
ИТОГО	1	4.1	4.5

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Таблица 5.5.1 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,1	4,5
3	Интегральный показатель эффективности	4,1	4,5
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,22	1,24

Таким образом, исполнение № 2 является наиболее функциональным и ресурсоэффективным по сравнению с исполнением № 1. Оба исполнения с финансовой точки зрения одинаково эффективны.

5.5.2 Анализ показателей методики освоенного объема

Для оценки ресурсоэффективности проекта в части сроков и стоимости целесообразно использовать метод «освоенного объема» (earned value). Он используется для того, чтобы контролировать ход проекта, то есть ответить в некоторой контрольной точке на вопрос «где мы находимся по сравнению с планом?», оценить степень достижения результата и понесенные затраты.

При сравнении фактического (ACWP — Actual Cost of Work Performed — фактическая стоимость выполненных работ) и планового (BCWS — Budgeted Cost of Work Scheduled — сметная стоимость запланированных к выполнению за рассматриваемый период времени работ) количества потраченных ресурсов на заданный момент времени, то есть при контроле бюджета проекта, возникает неоднозначность в интерпретации причин отклонений.

А именно, предположим, показатель $ACWP > BCWS$, то есть мы фактически потратили больше средств, чем было заложено в бюджете. Отсюда, к сожалению, невозможно сделать вывод о причине увеличения затрат — сделано больше работ или работа обошлась дороже. И в обратном случае — $ACWP < BCWS$ (потрачено меньше средств, чем было заложено в бюджете)— то ли работа обошлась дешевле, то ли выполнено меньше работ, чем планировалось.

Вывод

В данном разделе был рассмотрен перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию. А именно, был проведен:

1. Предпроектный анализ;
2. Инициация проекта;
3. Планирование управления научно-техническим проектом;
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности.

В предпроектном анализе была проведена сегментация рынка, в которой были выведены потребители, использующие данный продукт. Также были приведены конкуренты, которые делают схожий продукт. Было проведено сравнение конкурентных, технических решений в результате которого было установлено, что разработка имеет высокий уровень конкурентоспособности. В дальнейшем был произведен SWOT-анализ, согласно которого были определены сильные и слабые стороны проекта, а также возможности и угрозы, которым может быть подвержен проект. Также была сделана диаграмма Исикавы, по которой можно увидеть все возможные слабые места проекта.

В инициации проекта был разработан перечень этапов, работ и распределение исполнителей. Было выполнено определение трудоёмкости выполнения работ. На основе полученных данных ранее был составлен график проведения научного исследования и календарный план-график проведения

НИКОР по теме.

В планировании управления научно-техническим проектом были рассмотрены затраты по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

В результате рассмотрения данных статей, были сделаны соответствующие выводы. Сумма расходов на материалы составила 450 рублей. Расходы на приобретения спецоборудования составили 23948 рублей. Затраты на основную заработную плату обошлись в 192252,5 рублей, отчисления во внебюджетный фонд вышли в 580610,1 рублей. Накладные расходы получились 124056,01 рублей.

Значимость данной работы состоит в том, что на ее примере возможна модификация применения контроллера ОВЕНПЛК100 без особых экономических затрат.

Представленный метод может быть реализованы в широком круге производств.

6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Социальная ответственность — это сознательное отношение субъекта социальной деятельности к требованиям социальной необходимости, гражданского долга, социальных задач, норм и ценностей, понимание последствий осуществляемой деятельности для определенных социальных групп и личностей, для социального прогресса общества.

В данной работы представлено исследование работы реального объекта, который состоит из датчика температуры, нагревателя, вентилятора. Рабочее место представляет собой место оператора и включает в себя рабочий стол и персональный компьютер с помощью которого производится управление и настройка технического оборудования.

В текущем разделе указаны основные вредные и опасные факторы рабочей зоны, их анализ и способы защиты от них, аспекты охраны окружающей среды, защиты от чрезвычайных ситуаций, а также правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

6.1 Производственная безопасность

6.1.1 производственная санитария

Рабочая зона данного объекта характеризуется следующими вредными факторами:

- 1) шум и вибрация;
- 2) электромагнитное излучение;
- 3) освещение;
- 4) микроклимат;
- 5) психофизические факторы (нервно психологические, статические, умственные, монотонность).

В связи с тем, что современные ЖК мониторы отвечают всем нормам по ионизирующему излучению, оно не рассматривается.

6.1.1.1 Шум и вибрация

Документ, который призван регламентировать уровни шума для различных категорий рабочих мест служебных помещений является ГОСТ 12.1.003-83 <<ССБТ.Шум. Общие требования безопасности>>.

Допустимые уровни звукового давления (эквивалентные уровни звукового давления) в дБ в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука в дБА для жилых и общественных зданий и их территорий следует принимать в соответствии со СНиП 23-03-2003<<Защита от шума>>, СН2.2.4/2.1.8.562-96<<Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой, застройки>>.

Нормированные значения шума представлены в таблице 6.1.1.1.2

таблица 6.1.1.1.2 - Нормированные значения шума

Рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровень звука и эквивалентный уровень звука дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Помещения КБ, лабораторий для теоретических работ	71	61	54	49	45	42	40	38	50
Помещения управлений, рабочие комнаты	79	79	68	58	55	52	50	49	60
Кабины дистанционного управления с телефонной связью, помещения точной сборки	83	74	68	63	60	57	55	54	65
Лаборатории для проведения эксперимент. работ	94	87	82	78	75	73	71	70	80
Постоянные рабочие места и рабочие зоны в произв.	99	92	86	83	80	78	76	74	85

Помещениях и на территории предприятий									
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Исходя из вышеуказанной информации, можно сделать вывод, что уровень шума на рабочем месте программистов и операторов не должен превышать 50дБА, а в залах обработки информации на вычислительных машинах - 65дБА. Рекомендация для снижения уровня шума стены и потолок помещений, где установлены компьютеры, могут быть облицованы звукопоглощающими материалами. Уровень вибрации в помещениях вычислительных центров может быть снижен путем установки оборудования на специальные виброизоляторы.

6.1.1.2 электромагнитное излучение

С учетом данных стандартов Госсанэпиднадзор России разработал и с 1-го января 1997 года ввел в действие обязательные санитарные правила и нормы - СанПиН 2.2.2.542-96 <<Гигиенические требования к видео дисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы>>. Нормированные значения уровней ЭМИ ПК приведены в таблице 6.1.1.2.1:

Таблица 6.1.1.2.1 - Допустимые уровни напряженности электромагнитных полей при работе с видеодисплейными терминалами и персональными электронно-вычислительными машинами (СанПиН 2.2.2.542-96)

№	Параметры воздействия, частота излучения	Допустимые значения
1	Статическое поле	20000В/м
2	На расстоянии 50 см вокруг - диапазон частот 5Гц - 2кГц - диапазон частот 2 - 400кГц	25В/м 2,5В/м
3	Переменное поле на расстоянии 50 см вокруг	0,25А/м
4	Магнитная индукция не более - диапазон частот 5Гц - 2кГц - диапазон частот 2 - 400кГц	250нТл 25нТл
5	Поверхностный электростатический потенциал не более	500В

Основной способ защиты от электромагнитных полей – это увеличение расстояния от их источника и уменьшение времени нахождения человека у источников излучения. К инженерно-техническим мероприятиям относится рациональное размещение оборудования, использование средств, ограничивающих поступление электромагнитной энергии на рабочие места персонала (поглотители мощности, установка отражающих и поглощающих экранов). Для понижения уровня напряженности электромагнитного поля следует использовать мониторы с пониженным уровнем излучения (MPR-II, TCO-92, TCO-99), устанавливать защитные экраны, устранять неисправности.

6.1.1.3 Освещение

По принципу организации искусственного освещения можно разделить на два вида: комбинированное и общее.

Работа за компьютером относится к IV разряду зрительной работы средней точности. Наименьший размер объекта различения составляет 0.5 – 1 мм. рекомендуемая освещенность помещения для данного разряда 400 лк (таблица 2).

Таблица 2 – нормы освещенности

Разряд зрительной работы	Характеристика	Подразряд	Освещенность (комбинированная система), Лк	Освещенность (общая система), Лк
IV	Средней точности	Б	500	200

Требования к освещению рабочих мест, оборудованных персональным компьютером, показаны в таблице 3 в соответствии с нормами.

Таблица 3 – Требования к освещению на рабочих местах

Освещенность на рабочем столе	300-500 лк
Освещенность на экране ПК	не выше 300 лк
Блики на экране	не выше 40 кд/м ²
Прямая блескость источника света	200 кд/м ²
Показатель ослеплённости	не более 20
Показатель дискомфорта	не более 15
Отношение яркости:	
– между рабочими поверхностями	3:1–5:1
– между поверхностями стен и оборудования	10:1

Коэффициент пульсации:	не более 5%
------------------------	-------------

Рабочее освещение предусматривается для всех помещений производственных зданий, а также участков открытых пространств, предназначенных для работы, прохода людей и движения транспорта.

Для устранения негативного влияния недостаточного освещения необходимо использовать равномерное освещение и лампы с подходящими характеристиками, а также совмещенное освещение.

Приведем проверочный расчет искусственного освещения в помещении.

Помещение, где проходит выполнение дипломного проекта, освещается 2 потолочными плафонами типа Л71Б03, в каждом из которых установлено по 1 люминесцентной лампе типа ЛХБ-30.

Наиболее приемлемыми для рассматриваемого помещения являются люминесцентные лампы ЛБ (белого света) или ЛХБ (холодного-белого света), мощностью 20 или 30 Вт. Световой поток одной лампы ЛБ40 составляет не менее $F_{л}=1782$ лм. Таким образом, при использовании для освещения двух ламп типа ЛХБ40 требования к освещенности на рабочем месте, согласно [30] выполняются.

Электрическая мощность одной лампы ЛХБ30 $W_{л}=30$ Вт. Число ламп $N=2$. Мощность всей осветительной системы: $W_{общ}=W_{л}*N=30*2=60$ Вт.

6.1.1.4 Микроклимат

Для создания благоприятных условий работы, соответствующих физиологическим потребностям персонала, санитарными нормами установлены оптимальные и допустимые метеорологические условия в рабочей зоне. Рабочая зона ограничивается высотой 2,2 м над уровнем пола, где находится рабочее место. При этом измеряются: температура, относительная влажность и скорость движения воздуха (СанПиН 2.2.4.548-96).

Оптимальные и допустимые показатели микроклимата на рабочих местах в помещениях должны соответствовать величинам, приведенным в

табл.6.1.1.4.1.

Таблица 6.1.1.4.1– Оптимальные и допустимые нормы микроклимата.

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °C	Температура поверхностей, °C	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха не более, м/с
Холодный	Ia	22-24	21-25	60-40	0,1
	Iб	21-23	20-24	60-40	0,1
Теплый	Ia	23-35	22-26	60-40	0,1
	Iб	22-24	21-25	60-40	0,1

К мероприятиям по оздоровлению воздушной среды в производственном помещении относятся: правильная организация вентиляции и кондиционирования воздуха, отопление помещений. Вентиляция может осуществляться естественным и механическим путём. В помещении должны подаваться следующие объёмы наружного воздуха: при объёме помещения до 20 м³ на человека – не менее 30 м³ в час на человека; при объёме помещения более 40 м³ на человека и отсутствии выделения вредных веществ допускается естественная вентиляция.

В используемом помещении отсутствует принудительная вентиляция. Имеется лишь естественная, т.е. воздух поступает и удаляется через щели, окна, двери. Основной недостаток такой вентиляции в том, что приточный воздух поступает в помещение без предварительной очистки и нагревания. Естественная вентиляция допускается при условии, что на одного работающего приходится более 40 м³ объема воздуха в помещении. Поскольку в помещении не выполняется требование к объёму воздуха на одного работающего (объём на одного человека — 22,4 м³), то наличие принудительной вентиляции просто необходимо.

Рекомендации по улучшению микроклимата в помещении. В зимнее время в помещении необходимо предусмотреть систему отопления. Она должна обеспечивать достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. В помещениях с повышенными требованиями к чистоте воздуха

должно использоваться водяное отопление.

При обеспечении оптимальных показателей микроклимата температура внутренних поверхностей, ограждающих рабочую зону конструкций (стен, пола, потолка) или устройств, а также температура наружных поверхностей технологического оборудования или его ограждающих устройств соответственно СанПиН 2.2.4.548–96 не должны выходить более чем на 2°C за пределы оптимальных величин температуры воздуха. При температуре внутренних поверхностей ограждающих конструкций ниже или выше оптимальных величин температуры воздуха рабочие места должны быть удалены от них на расстояние не менее 1 м.

Во всех случаях температура нагретых поверхностей технологического оборудования или его ограждающих устройств в целях профилактики типовых травм не должна превышать 45°C.

В рассматриваемом помещении используется водяное отопление со встроенными нагревательными элементами и стояками.

6.1.1.5 Психофизиологические факторы условий труда

К психофизиологическим вредным факторам относятся статические физические перегрузки, умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов, монотонность труда, эмоциональные перегрузки. Необходимо минимизировать их влияние на здоровье и производительность труда работника.

Правила сохранения работоспособности работников и обеспечения эффективности деятельности:

1. В работу входить постепенно. Время, необходимое для вхождения в процесс труда, называется периодом вработываемости.
2. Работу начинать с выполнения более простых ее элементов с постепенным переходом к более сложным.

Общее время на отдых для работника управленческого труда можно

установить:

Расчет времени на отдых по показателю утомления, который определяется по данным физиологических исследований и может изменяться от 1 до 100 отн. ед. Для видов умственного труда он составляет 10-54 отн. ед.

Для определения времени на отдых используют формулу

$$T_{от} = 0,58 \times Y = 0,58 \times (2,15 \times \Sigma B - 10,3)$$

где: $T_{от}$ – время на отдых работника в течение смены; Y – показатель утомления в отн. ед.; B – оценка влияния на работника того или иного фактора условий труда в баллах. К этому времени всем работникам добавляются 10-15 мин. в смену на личные надобности.

6.1.2 Анализ опасных факторов

6.1.2.1 электробезопасность

В настоящей работе представлены следующие электротехнические приборы:

- 1) программируемый логический контроллер ОВЕН ПЛК 150
- 2) Напряжение питания 90-264 в переменные тока (номинальное напряжение 220В) частотой 47.63 Гц, потребляемая мощность 6 Вт
- 3) преобразователь частоты векторный ПЧВ ОВЕН питание 1х220В (0, 18...2,2 кВт) и 3х380В (0, 37...22кВт); [21]

В качестве защиты используется защитное заземление и зануление электрических устройств. Кроме того, в системе предусмотрено защитное отключение.

6.1.2.2 Короткое замыкание и статическое электричество

Короткие замыкания в электропроводах чаще всего происходят из-за нарушения изоляции токопроводящих частей в результате механических повреждений, старения изоляции, воздействия на нее влаги и агрессивных сред. При возникновении короткого замыкания общее сопротивление в

электрической сети уменьшается, это приводит к увеличению тока по сравнению с нормальными условиями работы. Токи короткого замыкания могут достигать сотен ампер, при этом в короткий промежуток времени выделяется большое количество тепла, температура резко повышается.

Количество выделяющейся теплоты пропорционально квадрату силы тока. Так, если при коротком замыкании ток увеличивается в 20 раз, то выделяющееся при этом количество тепла возрастает в 400 раз: если режим короткого замыкания продолжается несколько секунд (10-20), может загореться изоляция проводив. Причем воспламенение изоляции происходит одновременно на всем протяжении аварийного участка. От воспламенившейся изоляции проводов загораются расположенные рядом горючие предметы и вещества.

При коротком замыкании образуются разлетающиеся расплавленные частицы металла, температура которых составляет $2050^{\circ}\text{--}2700^{\circ}\text{C}$, и которые способны поджечь практически любой сгораемый материал. Профилактикой КЗ служит правильный выбор, монтаж и эксплуатация электроустановок. Все электрооборудование должно соответствовать особенностям окружающей среды, величине тока и напряжению, мощности нагрузки. Эксплуатация электрооборудования требует регулярных планово-предупредительных ремонтов и замера сопротивления изоляции проводов. Для предохранения от КЗ служат аппараты защиты. Это быстродействующие автоматы и плавкие предохранители. Они отключают от электропитания неисправный участок до наступления опасных последствий короткого замыкания.

Статическое электричество — это совокупность явлений, связанных с возникновением, сохранением и релаксацией свободного электрического заряда на поверхности и в объеме диэлектрических и полупроводниковых веществ, материалов изделий или на изолированных проводниках. Заряды накапливаются на оборудовании и материалах, а сопровождающие электрические разряды могут явиться причиной пожаров и взрывов, нарушения технологических процессов, точности показаний электрических

приборов и средств автоматизации.

Вредное воздействие на организм человека статическое электричество оказывает не только при непосредственном его контакте с зарядом, но и за счет действия электрического поля, возникающего вокруг заряженных поверхностей.

Основные способы защиты от статического электричества, следующие: заземление оборудования, сосудов и коммуникаций, в которых накапливается статическое электричество; увеличение поверхностной проводимости диэлектрика; увлажнение окружающего воздуха; ионизация воздуха или среды нейтрализатором статического электричества; подбор контактных пар; изменение режимов технологического процесса, использование операторами спецобуви с электропроводящей подошвой и др.

6.2 Экологическая безопасность

Охрана окружающей среды деятельность органов государственной власти Российской Федерации, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, общественных объединений и некоммерческих организаций, юридических и физических лиц, направленная на сохранение и восстановление природной среды, рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов, предотвращение негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и ликвидацию ее последствий. Наиболее активной формой защиты окружающей среды от вредного воздействия выбросов промышленных предприятий является полный переход к безотходным, малоотходным и энергосберегающим технологиям и производствам.

При выполнении данной квалификационной работе не осуществляется выбросов вредных веществ в атмосферу. Загрязнение атмосферного воздуха может возникнуть в случае возникновения пожара в помещении, в этом случае дым и газы от пожара будут являться антропогенным загрязнением атмосферного воздуха.

Загрязнение гидросферы осуществляют производственные отходы, в

качестве которых в данном случае выступают бумажные отходы (макулатура) и неисправные детали персональных компьютеров, плат, контроллеров. Бумажные отходы должны передаваться в соответствующие организации для дальнейшей переработки во вторичные бумажные изделия. Неисправные комплектующие персональных компьютеров должны передаваться либо государственным организациям, осуществляющим вывоз и уничтожение бытовых и производственных отходов, либо организациям, занимающимся переработкой отходов. Важнейшим этапам обращения с отходами является их сбор, а в дальнейшем переработка, утилизация и захоронение. Еще одним из способов снижения бумажных отходов является хранение данных на электронных носителях.

Порядок утилизации. Основные требования и правила.

Согласно требованиям и правилам, порядок действий утилизации ламп накаливания, вышедших из строя, должен начинаться с помещения их на хранение в специальные контейнеры в оборудованных под эти нужды помещениях. При накоплении определенного количества ртутьсодержащих и прочих опасных видов ламп их сортируют, помещают в отдельные ячейки и отправляют в профильную компанию для последующей нейтрализации и переработки. Правила сбора и утилизации люминесцентных ламп обязательны для всех граждан РФ. Предприниматели обязаны заключать договора со специальной компанией, занимающейся вывозом таких отходов.

6.3 безопасность в чрезвычайных ситуациях

Пожарная безопасность может быть обеспечена мерами пожарной профилактики и активной пожарной защиты. Пожарная профилактика включает комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожара или уменьшение его последствий.

Активная пожарная защита - меры, обеспечивающие успешную борьбу с пожарами или взрывоопасной ситуацией. Возникновение пожара в помещении, где установлена вычислительная и оргтехника, приводит к большим материальным потерям и возникновению чрезвычайной ситуации.

Чрезвычайные ситуации приводят к полной потере информации и большим трудностям восстановления всей информации в полный объём.

Согласно нормам технического проектирования, в зависимости от характеристики используемых в производстве вещания подразделяются на категории А, Б, В, Г, Д.

Данное помещение относится к категории В, помещение в которых находятся негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

Для исключения возникновения пожара необходимо:

- вовремя выявлять и устранять неисправности;
- не использовать открытые обогревательные приборы, приборы кустарного производства в помещении лаборатории;
- определить порядок и сроки прохождения противопожарного инструктажа и занятий по пожарно-техническому минимуму, а также назначить ответственного за их проведения.

В случае возникновения пожара необходимо отключить электропитание, вызвать по телефону пожарную команду, произвести эвакуацию и приступить к ликвидации пожара огнетушителями. При наличии небольшого очага пламени можно воспользоваться подручными средствами с целью прекращения доступа воздуха к объекту возгорания. Схема выхода безопасности показана на рисунке 6.3.1

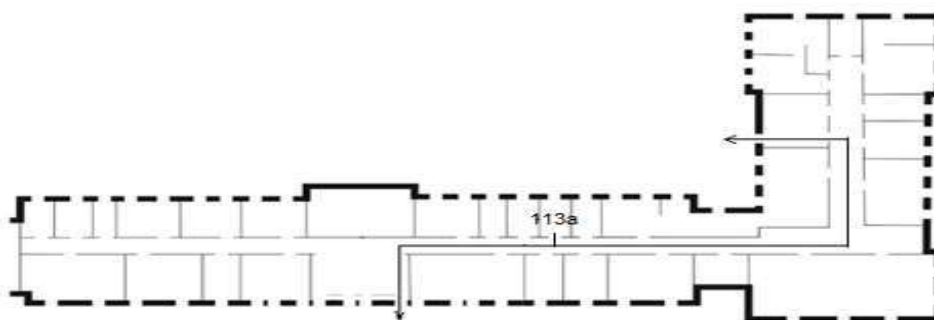


Рисунок 6.3.1- схема здания

6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

6.4.1 Охрана труда для операторов и пользователей ПК

Согласно Трудовому кодексу Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 05.02.2018), к работе оператора или программиста допускаются люди, достигшие совершеннолетия и прошедшие:

- обязательные медицинские освидетельствования, которые необходимо проводить не только при приеме на работу, но и каждый год;
- вводный инструктаж по охране труда;
- инструктаж по охране труда на конкретном рабочем месте по данной инструкции;
- обучение безопасным приемам и методам труда по программе, утвержденной руководителем предприятия;
- обучение работе на персональном компьютере с использованием конкретного программного обеспечения.

На основании ТК РФ, женщины в период беременности и кормления грудью не допускаются к работам, связанным с использованием персонального компьютера.

Требования безопасности во время работы, согласно НТД (ГОСТ 12.2.032-78), оператор во время работы обязан:

- выполнять только работу, порученную ему и по которой, он прошел инструктаж;
- содержать в чистоте и порядке свое рабочее место в течение всего рабочего дня;
- держать открытыми все вентиляционные отверстия устройств;
- внешнее устройство "мышь" применять только при наличии специального коврика;
- корректно закрывать все активные задачи, даже для прекращения работы на некоторое время;

- отключать питание только в том случае, если оператор во время перерыва в работе на компьютере вынужден находиться в непосредственной близости от видеотерминала (менее 2 метров), в противном случае питание разрешается не отключать;
- соблюдать режимы работы и отдыха и выполнять санитарные нормы;
- соблюдать правила эксплуатации вычислительной техники в соответствии с инструкциями по эксплуатации;

6.4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Организация работы с ПЭВМ должна осуществляться в зависимости от вида и категории трудовой деятельности. Для предупреждения преждевременной утомляемости пользователей ПЭВМ рекомендуется организовывать рабочую смену путем чередования работ с использованием ПЭВМ и без него. Во время регламентированных перерывов с целью снижения нервно-эмоционального напряжения, утомления зрительного анализатора, устранения влияния гиподинамии и гипокинезии, предотвращения утомления целесообразно выполнять комплексы упражнений.

Кроме того, для минимизации влияния вредных психофизиологических факторов необходимо организовать рабочие места согласно нормам и требованиям НТД (ГОСТ 12.2.032-78).

Организация рабочих мест пользователей ПК должна осуществляться в соответствии со следующими требованиями:

- расстояние между рабочими столами с видеомониторами должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов – не менее 1,2 м;
- экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии от 600 до 700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов.
- конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное

размещение используемого оборудования с учетом характера выполняемой работы;

- поверхность рабочего стола должна иметь коэффициент отражения от 0,5 до 0,7;

Список литературы

1. Лю Фан. идентификация и управление эмулятором печи овен эп10. Томский политехнический университет. г. Томск. 2016. С.10-41. URL: <http://portal.tpu.ru/cs/TPU205096.pdf>
2. Климошенко Сергей Сергеевич. Управление объектом с запаздыванием. – Томск. –2016. С.10-41. URL: <http://portal.tpu.ru/cs/TPU196473.pdf>
3. URL: http://bookasutp.ru/Chapter5_7.aspx
4. [Егоров Кирилл, Чураков Михаил. Генетические алгоритмы -2013.](#)
5. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/CoDeSys>
6. URL: https://revolution.allbest.ru/manufacture/00373916_0.html
7. URL: http://bookasutp.ru/Chapter5_1_3.aspx
8. В. И. Коновалов. управление трёхфазным электроприводом. изучение методов и средств управления. г. Томск. -2017. URL: <http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/k/KURGANOV/academics/Tab/%D0%90%D0%94%20%D0%B8%20%D0%9F%D0%A7%D0%92.pdf>
9. Денисенко В. ПИД-регуляторы: вопросы реализации. СТА №1/2007, стр. 78-88.
10. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечёткие системы. — М. : Горячая линия — Телеком, 2006. — 383 с.
11. Åström, K.J. Revisiting the Ziegler-Nichols step response method for PID control [Text] / K.J. Åström, T. Hägglund // Journal of process control. – 2004. – Vol. 14. – N 6. – P. 1163-1175.
12. Денисенко В. ПИД-регуляторы: вопросы реализации. СТА №1/2008, стр. 87-99.
13. Ziegler JG, Nichols NB. Optimum setting for automatic controllers. Trans ASME 1942; 64:759–768.
14. Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. Методы поиска новых идей и решений

"Методы менеджмента качества" №1 2003 г.

15. Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. Функционально-стоимостный анализ. Экскурс в историю. "Методы менеджмента качества" №7 2002 г.
16. Основы функционально-стоимостного анализа: Учебное пособие / Под ред. М.Г. Карпунина и Б.И. Майданчика. - М.: Энергия, 1980. - 175 с.
17. Сущность методики FAST в области ФСА [Электронный ресурс] <http://humeur.ru/page/sushhnost-metodiki-fast-v-oblasti-fsa>
18. Руководство к своду знаний по управлению проектами (Руководство РМВОК), 4-е издание, 2008 г.
19. Мазур И.И., Шапиро В.Д., Ольдерогге Н.Г. Управление проектами: Учебное пособие. – М.: Омега-Л, 2004. – 664 с.
20. Попова С.Н. Управление проектами. Часть I: учебное пособие / С.Н. Попова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 121 с.
21. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая редакция), утверждено Министерством экономики РФ, Министерством финансов РФ № ВК 477 от 21.06.1999 г. [Электронный ресурс]. - Режим доступа. - <http://www.cfin.ru/>
22. СанПиН 2.22.542-96 Гигиенические требования к видео дисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. М.: Госкомсанэпиднадзор, 1996.
23. СанПиН 2.2.4.548 – 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: Минздрав России, 1997. 80
24. СП 52.13330.2011 Свод правил. Естественное и искусственное освещение.
25. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.
26. ГОСТ 12.1.003-83 Шум Общие требования безопасности, 1983.
27. СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-

вычислительным машинам и организации работы».

28. Словари и энциклопедии [Электронный ресурс]. URL: http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_medicine/
29. ГОСТ 12.1.019–85 Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты, 1985.
30. НПБ 105-95. Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности, утв. Приказом ГУ ГПС МВД РФ от 31.10.95 № 32.
31. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды: учебник для вузов. – М.: Изд-во Юрайт, 2013. – 671с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Код в .m файле

```
function [Kpidi,BsJ]=pid_gaf(Kpidi,BsJ)
global rin yout timef
%ts=0.001;
ts=20;
sys=tf(1.1,[180, 1],'inputdelay',15);
%sys=tf(400,[1,50,0]);
dsys=c2d (sys, ts,'z');
[numm,denn]=tfdata(dsys,'v');
rin=1.0; u_1=0.0; u_2=0.0;
y_1=0.0; y_2=0.0;
%x= [0,0,0];
x= [0,0,0]';
B=0;
error_1=0;
tu=1;
s=0;
P=100;
for k=1:1: P
    timef(k)=k*ts;
    r(k)=rin;
    uu(k)=Kpidi (1) *x (1) +Kpidi (2) *x (2) +Kpidi (3) *x (3);
    if uu(k)>=10
        uu(k)=10;
    end
    if uu(k)<=-10
        uu(k)=-10;
```

```

end

yout(k)=-denn (2) *y_1+numm (2) *u_1;
error(k)=r(k)-yout(k);
% PID controller parameters
u_1=u(k);
y_1=yout(k);
xx(1)=error(k);           % Calculating P
xx(2)=(error(k)-error_1)/ts; % Calculating D
xx(3)=x(3)+error(k)*ts;    % Calculating I
error_2=error_1;
error_1=error(k);
if s==0
    if yout(k)>0.95&yout(k)<1.05
        tu=timef(k);
        s=1;
    end
end
end
end
for i=1:1:P

Ji(i)=0.999*abs(error(i))+0.001*u(i)^2;
B=B+Ji(i);
if i>1
    erry(i)=yout(i)-yout(i-1);
    if erry(i)<0
        B=B+100*abs(erry(i));
    end
end
end
end
end

```

BsJ=B+0.2*tu*10;

Основной код в command window

```
%chap5_2.m
%GA(Generic Algorithm) Program is to optimize PID Parameters
clear all;
close all;
global rin yout timef

Size=30;
CodeL=3;

MinX(1)=zeros(1);
MaxX(1)=20*ones(1);
MinX(2)=zeros(1);
MaxX(2)=1.0*ones(1);
MinX(3)=zeros(1);
MaxX(3)=1.0*ones(1);

Kpid(:,1)=MinX(1)+(MaxX(1)-MinX(1))*rand(Size,1);
Kpid(:,2)=MinX(2)+(MaxX(2)-MinX(2))*rand(Size,1);
Kpid(:,3)=MinX(3)+(MaxX(3)-MinX(3))*rand(Size,1);

G=100;
BsJ=0;

%***** Start Running *****
for kg=1:1:G
    time(kg)=kg;
```

```
%***** Step 1 : Evaluate BestJ *****
```

```
for i=1:1:Size
```

```
    Kpidi=Kpid(i,:);
```

```
    [Kpidi,BsJ]=pid_gaf(Kpidi,BsJ);
```

```
    BsJi(i)=BsJ;
```

```
end
```

```
[OderJi,IndexJi]=sort(BsJi);
```

```
BestJ(kg)=OderJi(1);
```

```
BJ=BestJ(kg);
```

```
Ji=BsJi+1e-10;    %Avoiding deviding zero
```

```
    fi=1./Ji;
```

```
%    Cm=max(Ji);
```

```
%    fi=Cm-Ji;
```

```
    [Oderfi,Indexfi]=sort(fi);    %Arranging fi small to bigger
```

```
    Bestfi=Oderfi(Size);    %Let Bestfi=max(fi)
```

```
    BestS=Kpid(Indexfi(Size),:);    %Let BestS=E(m), m is the Indexfi belong to  
    max(fi)
```

```
    kg
```

```
    BJ
```

```
    BestS
```

```
%***** Step 2 : Select and Reproduct Operation*****
```

```
    fi_sum=sum(fi);
```

```
    fi_Size=(Oderfi/fi_sum)*Size;
```



```

fi_S=floor(fi_Size);                                % Selecting Bigger fi value
r=Size-sum(fi_S);

Rest=fi_Size-fi_S;
[RestValue,Index]=sort(Rest);

for i=Size:-1:Size-r+1
    fi_S(Index(i))=fi_S(Index(i))+1;    % Adding rest to equal Size
end

k=1;
for i=Size:-1:1    % Select the Sizeth and Reproduce firstly
    for j=1:1:fi_S(i)
        TempE(k,:)=Kpid(Indexfi(i),:);    % Select and Reproduce
        k=k+1;                            % k is used to reproduce
    end
end

%***** Step 3 : Crossover Operation *****
Pc=0.90;
for i=1:2:(Size-1)
    temp=rand;
    if Pc>temp    %Crossover Condition
        alfa=rand;
        TempE(i,:)=alfa*Kpid(i+1,:)+(1-alfa)*Kpid(i,:);
        TempE(i+1,:)=alfa*Kpid(i,:)+(1-alfa)*Kpid(i+1,:);
    end
end
TempE(Size,:)=BestS;
Kpid=TempE;

```

```

%***** Step 4: Mutation Operation *****
Pm=0.10-[1:1:Size]*(0.01)/Size;          %Bigger fi,smaller Pm
Pm_rand=rand(Size,CodeL);
Mean=(MaxX + MinX)/2;
Dif=(MaxX-MinX);

for i=1:1:Size
    for j=1:1:CodeL
        if Pm(i)>Pm_rand(i,j)            %Mutation Condition
            TempE(i,j)=Mean(j)+Dif(j)*(rand-0.5);
        end
    end
end

%Guarantee TempE(Size,:) belong to the best individual
TempE(Size,:)=BestS;
Kpid=TempE;
end
Bestfi
BestS
Best_J=BestJ(G)
figure(1);
plot(time,BestJ);
xlabel('Times');ylabel('Best J');
figure(2);
plot(timef,rin,'r',timef,yout,'b');
xlabel('Time(s)');ylabel('rin,yout');

```